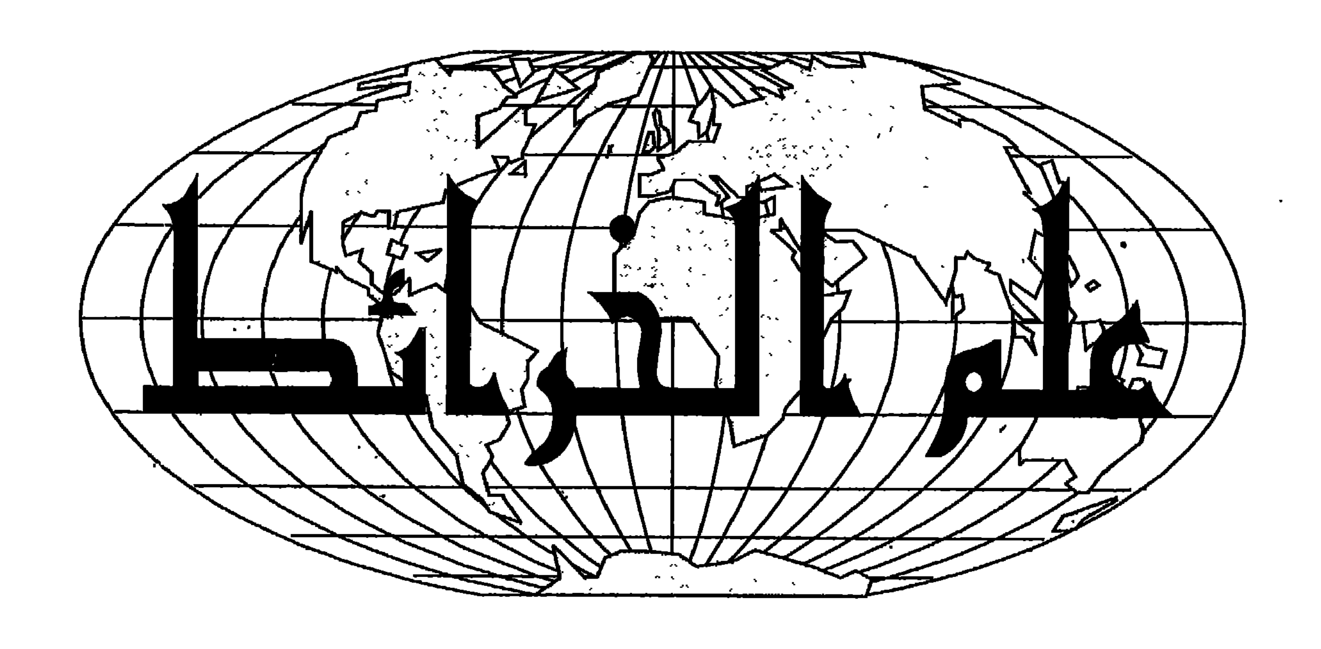
الدكتور محمد صبحي عبد الحكيم

ماهر عبد الحميد الليثي



# علم الخرائط



مكتبة الأنجلو المصرية





تأليف

دكتور محمد صبحي عبد الحكيم　　　　ماهر عبد الحميد الليثى

١٩٩٦

ملتزمة الطبع والنشر

مكتبة الأنجلو المصرية

١٦٥ ش محمد بك فريد (عماد الدين سابقا)



# علم الخرائط



بسم الله الرحمن الرحيم

# مقدمة

لم تعد دراسة الخرائط فرعا من فروع علم الجغرافية ، ولكنها أصبحت علما له كيانه المستقل ، يعرف اليوم باسم « الكارتوجرافيا Cartography » يختلف فى طبيعته ومنهجه عن علم الجغرافية . كما أن الكارتوجرافى يحتاج إلى إعداد خاص يختلف عما يحتاج إليه الجغرافى ، إذ ينبغى أن يجمع بين قدرات الجغرافى والرياضى والفنان . ومعنى هذا أن الكارتوجرافى يحسن أن يكون جغرافياً ذا عقلية رياضية وموهبة فنية ، ذلك أن كثيرا ما يحتاج إلى عمليات رياضية وإحصائية فى أعماله ودراساته ، كما أن اللمسات الفنية هى التى تعطى للخريطة شكلها النهائى ؛ فالخرائط ــ على حد قول الكارتوجرافى الألمانى العظيم « Max Eckert » مزيج بين العلم والفن .

ولا يضم علم الجغرافية بين دفتيه جميع العمليات والدراسات الخاصة بالخرائط ، فالمرحلة الأولى من إنشاء الخريطة تقع على كاهل مهندس المساحة الذى يرفع معالم سطح الأرض من الطبيعة على لوحة من الورق ، كما أن إنشاء مساقط الخرائط وحساباتها لا تدخل فى صميم اختصاص الجغرافى .

هذا من جهة ، ومن جهة ثانية لا يقتصر استخدام الخريطة فى النهاية على الجغرافى ، فالخريطة ــ فى الواقع ــ وسيلة عالمية للتعبير والتفاهم تتحدى الحواجز اللغوية ويستخدمها كثير من ذوى الاختصاص ، فالجيولوجى والتيورولوجى ، وعالم التربة وعالم النبات ، والأركيولوجى والمؤرخ ، وعلماء الاقتصاد والاجتماع والسياسة ؛ والمهندسون والزراعيون والعسكريون كلهم يستخدمون الخريطة ولا غنى لهم عنها فى أعمالهم ودراساتهم وأبحاثهم .

غير أن الجغرافى هو أكثر المتخصصين استخداما للخريطة ، فهى عدته ، فيها يسجل المعالم الطبيعية المختلفة ، وعليها يوزع الظاهرات البشرية والاقتصادية . ولذلك ينبغى أن

يدرب الجغرافى تدريباً كافياً على استخدام الخرائط كوسيلة للتعبير الجغرافى فالخرائط بالنسبة للجغرافى أشبه بالإحصاء بالنسبة لدارس الاقتصاد .

وقد تزايدت أهمية دراسة الخرائط فى مختلف بلاد العالم ولا سيما منذ الحرب العالمية الثانية ، وتقدمت طرق إنشائها وفنون إخراجها بحيث أصبحت جديرة بأن تفرد لها معاهد أو أقسام فى بعض الجامعات الأوربية والأمريكية ، تخرج متخصصين فى هذا العلم الجديد وهكذا فعلت بعض الجامعات العربية ؛ فقد أنشئت ـ منذ ست سنوات ـ شعبة للخرائط بقسم الجغرافية فى جامعتى القاهرة والإسكندرية ، تقوم على إعداد متخصصين يسدون الفراغ الكبير الذى نشعر به فى مجتمعنا الجديد ؛ ذلك الفراغ الذى لا يستطيع أن يسده المهندس أو الجغرافى أو رسام الخرائط « Draughtsman » .

والواقع أن حاجتنا إلى الكارتوجرافيين ستتزايد بتزايد عنايتنا بالتخطيط الإقليمى « Regional Planning » الذى أدركنا أخيراً حاجتنا الماسة إليه كمكمل للتخطيط القومى ، ذلك أنه إذا كانت الإحصائية هى عدة المخطط على المستوى القومى فإن الخريطة هى عدة المخطط على المستوى الإقليمى . ولذلك يمكن القول بأن الإحصائية والخريطة هما عدتا المخطط بوجه عام .

والكتاب الذى نقدمه هو كتاب شامل فى علم الخرائط ، يعتبر المحاولة الأولى من نوعها باللغة العربية . وإذا كنا قد قصدنا به إعداد الجغرافى بصفة خاصة إعداداً كارتوجرافياً، إلا أنه يصلح أيضاً لإعداد المتخصصين الآخرين إعدادا يمكنهم من استخدام الخرائط والإفادة منها فى دراساتهم المختلفة .

وقد قام بتأليف هذا الكتاب إثنان ، أحدهما جغرافى اتخذ من الخرائط فى أول الأمر هواية ، ولكنه لم يلبث أن آمن أشد الإيمان بأهميتها البالغة فى الدراسات والأبحاث الجغرافية ، وبضرورة تدريب الجغرافى عليها تدريباً كافياً . وقام بتدريس الخرائط طوال خمسة عشر عاماً بجامعة القاهرة ، كما إنتدب لتدريسها ثمانى سنوات بجامعة عين شمس ، وأسهم فى إنشاء شعبة الخرائط بقسم الجغرافية بجامعة القاهرة . أما الثانى فهو كارتوجرافى بمعنى الكلمة يمثل الفوج الأول من خريجى شعبة الخرائط بجامعة القاهرة ، ويقوم بتدريس الخرائط فى جامعة القاهرة منذ تخرجه ، ويواصل دراساته العليا المتخصصة فى الخرائط .

وقد قسم المؤلفان الكتاب إلى ثمانية فصول ، يتناول الفصل الأول تاريخ الخرائط فى العالم منذ أقدم العصور . وقد عنينا فى هذا الفصل بدراسة الخرائط العربية فى العصور الوسطى، وهو موضوع تهمله معظم الكتابات الأوربية عن تاريخ الخرائط .

ويتناول الفصل الثانى مقاييس الرسم وما يتصل بها من عمليات مختلفة،مثل قياس الأبعاد وقياس المساحات من واقع الخريطة ، وتكبير الخرائط وتصغيرها .

أما الفصل الثالث فقد خصص لمبادىء المساحة . وقصدنا بهـذا الفصل أن يلم الكارتوجرافى إلماماً كافياً بالأدوات والعمليات المساحية المختلفة ، يلقى له ضوءاً على أصل الخريطة التى يستخدمها و يتداولها ، وطرق رفعها ، حتى يتبين درجة الدقة التى رسمت بها من الطبيعة .

أما الفصول الثلاثة التالية فتتناول على الترتيب خرائط التضاريس وخرائط المناخ وخرائط التوزيعات . وواضح أن تقسيمنا للخرائط فى هذا الكتاب تقسيم موضوعى «Topical» وإن كانت خرائط التوزيعات قد درست على أساس تصنيفها فنياً بصرف النظر عن الظاهرات البشرية أو الاقتصادية التى تتوزع عليها .

وقد توسعنا فى الفصل الرابع الخاص بخرائط التضاريس ليضم القطاعات التضاريسية ورسم البانوراما والمجسمات . أما الفصل الخامس الخاص بخرائط المناخ فقد تحاشينا فيه دراسة خرائط الطقس على اعتبار أنها لا تهم الجغرافى كثيراً فى دراسته ، فضلا عن أنها تختلف فى طبيعتها وطرق إنشائها عن خرائط المناخ .

أما خرائط التوزيعات فقد قسمناها إلى خرائط غير كمية وخرائط كمية تعتمد فى إنشائها على الإحصاءات . وقسمنا كلا من المجموعتين إلى أنواع تبعا للطريقة الفنية التى ترسم بها الخريطة . وتضم الخرائط الكمية ـ على هذا الأساس ـ خرائط التوزيع بالرموز العددية الموحدة ( النقطة ) ، وخرائط التوزيع بالرموز النسبية ، وخرائط التوزيع النسبى « Choropleths » ، وخرائط خطوط التساوى « Isopleths » وخرائط الحركة «Dynamic Maps» أو خرائط الخطوط الإنسيابية «Flow-line Maps»، والخرائط البيانية.

وكثيراً ما تعجز الخريطة عن توضيح ظاهرة جغرافية معينة فنضطر إلى الاستعاضة عن الخريطة بالرسم البيانى . ولذلك رأينا من المستحسن أن نخصص الفصل السابع للرسوم

البيانية المختلفة ، سواء أكانت رسوماً بيانية مناخية ( فيما عدا وردة الرياح ونجمة الرياح ومنحنيات المناخ ) ، أم رسوماً بيانية اقتصادية ، أم رسوماً بيانية سكانية .

أما الفصل الثامن والأخير فقد أفردناه لدراسة مساقط الخرائط ، وهى التى يسميها بعض الكتاب بالكارتوجرافيا الرياضية . وقد تحاشينا فى هذا الفصل الدخول فى التفصيلات الرياضية الخاصة بإنشاء المساقط ، مكتفين بدراسة الطرق البيانية لإنشائها .

وقد زودنا الكتاب فى النهاية بثلاثة ملاحق شعرنا بأهميتها لدارس الخرائط ، تضمن أولها تعريفاً بالأدوات المختلفة لرسم الخرائط ، وتضمن الثانى بعض الجداول الرياضية اللازمة للكارتوجرافى فى إنشاء أنواع معينة من الخرائط ، أما الثالث فهو ثبت بالمصطلحات الخاصة بالخرائط بالإنجليزية والعربية .

وإنا إذ نقدم هذا الجهد إلى قراء العربية بعامة والمتخصصين فى الجغرافية والخرائط بخاصة نأمل أن نكون قد قمنا بواجبنا كاملا نحو تزويد المكتبة العربية بخلاصة دراساتنا العلمية وتجاربنا التعليمية وخبراتنا العملية فى ميدان الخرائط .

والله ولى التوفيق ؟

د . محمد صبحى عبد الحكيم

ماهر عبد الحميد الليثى

# الفصل الرابع

## خرائط التضاريس

# الفصل الخامس

## خرائط المناخ

# الفهرس

## الفصل الأول

## تاريخ الخرائط فى العالم

## الفصل الثانى

### مقاييس الرسم



## الفصل الثالث

### مبادىء المساحة

# الفصل الأول

## تاريخ الخرائط فى العالم

ليست الخرائط وليدة هذا العصر بل هى قديمة قدم التاريخ نفسه ، بل قد ثبت أن بعض الشعوب البدائية تمكنت من رسم بعض الخرائط قبل أن تتوصل إلى معرفة الكتابة ، فقد كانوا يخطون على الرمال أو ينقشون على قطع من الجلد رسوماً مبسطة توضح ما غمض عليهم من المسالك .

وإذا كانت الخريطة تمثيلا للطبيعة بمقياس رسم دقيق يعبر عن النسبة الثابتة بين الأبعاد الخطية الموجودة على الخريطة والأبعاد الأصلية المقابلة لها على الطبيعة فإن إمكان قياس المسافات ومعرفة الاتجاهات من الخريطة يعتبر من العناصر الأساسية فيها . وقد نجحت المحاولات الأولى لإنشاء الخرائط فى العالم فى الوصول إلى تحديد هذين العنصرين على الخريطة ، وإن كان هذا التحديد قد تم بصورة بدائية تتناسب مع تاريخ المحاولة نفسها . وكثيراً ما كان يتم تحديد المسافات على الخرائط تحديداً زمنياً كأن يقال إن مكاناً معيناً يبعد عن مكان آخر مسيرة ثلاثة أيام مثلا . ومن هنا فقد انتشرت الخرائط القديمة انتشاراً واسعاً بين الشعوب التى كانت تقوم حياتها أساساً على الصيد والقنص ، ومن ثم كانت حاجتها إلى معرفة الاتجاهات وقياس المسافات من الخرائط حاجة ملحة ، ومن هنا كان اهتمامها البكر بالخرائط .

### الخرائط البابلية :

واستخدامنا لكلمة الخرائط للتعبير عن مدلول تلك المحاولات القديمة قد يبدو غير دقيق ، إلا أن الأمر لا يعدو محاولة لتحديد نقطة البداية فى تاريخ الخرائط . ذلك أن مولد الخرائط كعلم وفن لا يمكن تحديده بتاريخ معين ، فقد نشأ هذا الفن وتطور من أصول غامضة . وأقدم محاولة يذكرها التاريخ فى هذا المجال هى تلك المحاولة التى قام بها البابليون . فقد تميزت حضارة البابليين منذ القدم بالعناية بالفلك والرياضيات . وقد أنشئت خرائط البابليين أساساً لتقدير الضرائب وكان يتم نقشها على لوحات من الصلصال المحروق .

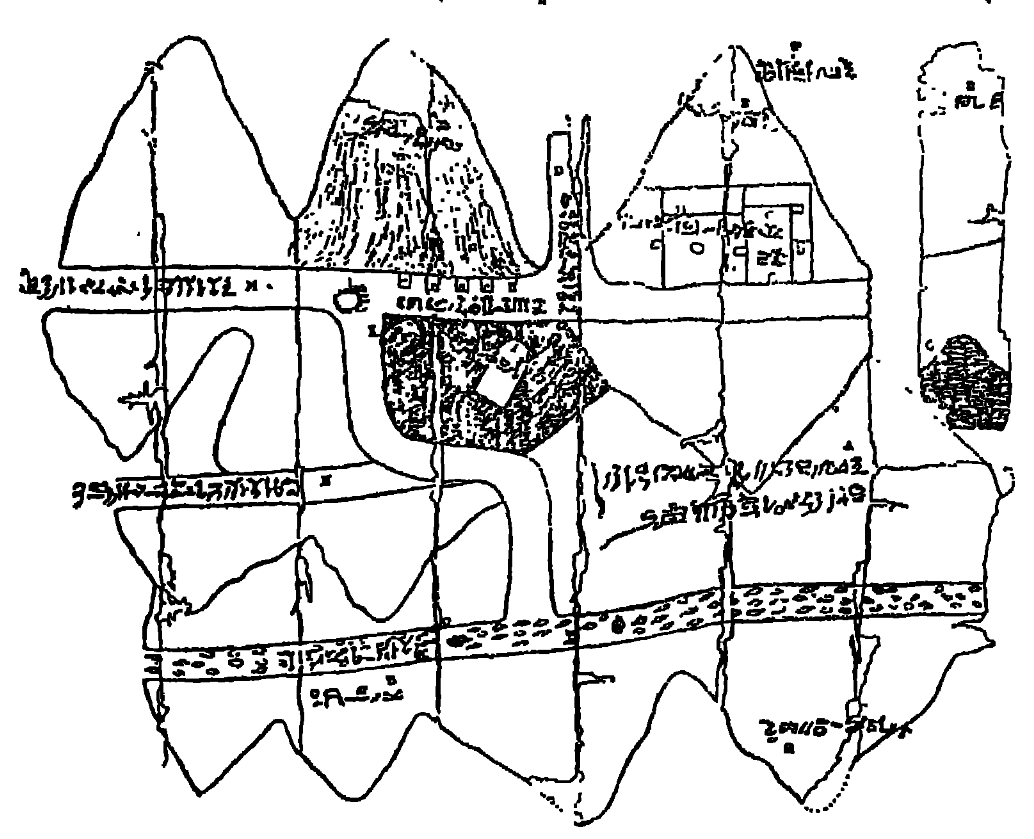
وقد تمت بعض الأعمال المساحية فى عهد سرجون الأكدى بهدف التوصل إلى تقدير دقيق للضرائب ، ويمكن اعتبار تلك الدراسات تمهيداً لظهور الخرائط البابلية فيما بعد . وأقدم الخرائط البابلية هى الخريطة الموجودة فى متحف الساميات بجامعة هارفارد الأمريكية والمعروفة باسم لوحة جاسور Ga Sur التى اكتشفت فى مدينة جاسور إلى الشمال من بابل ، ويرجع تاريخ إنشائها إلى سنة ٢٥٠٠ ق . م . وهى عبارة عن لوحة صغيرة من الصلصال لا تزيد مساحتها على ٧ × ٩ سم ، مبين عليها وادى أحد الأنهار يتجه من الشمال إلى الجنوب تحيط به من الجانبين رموز تمثل مرتفعات ، ويصب النهر بواسطة ثلاث دالات فى بحر أو بحيرة . كما نلاحظ أيضاً بعض الرموز التى تحدد لنا الاتجاهات الأصلية على الخريطة ، فنجد على الجانب الأيمن من اللوحة دائرة كاملة تمثل الشرق وعلى الجانب الأيسر نصف قرص يمثل الغرب . كما يوجد بالمتحف البريطانى عدة لوحات تمثل الأقاليم والمدن البابلية وقد صنعت هذه الخرائط بدقة أقل ، ومن ثمّ فإن قيمتها تاريخية أكثر منها فنية .

ولم تقتصر جهود البابليين على إنشاء الخرائط المحلية فحسب بل إنهم قاموا بإنشاء خريطة تعبر عن فكرة الإنسان البابلى عن العالم . وبفحص هذه الخريطة يتضح لنا أن العالم المعروف فى نظرهم كان عبارة عن قرص مستدير يحيط به البحر من جميع الجهات ، وقد أطلقوا عليه اسم بحر المياه المرة Briny or Bitter Waters ، ويوجد خارج هذا القرص سبع جزر منتشرة حول قرص العالم المعروف ، وهذه الجزر تمثل معابر إلى دائرة خارجية تحيط بهذا البحر أطلق عليها إسم المحيط السماوى Heavenly Ocean حيث يقيم كبار الآلهة . كما لم ينس صانعو الخريطة تحديد الاتجاهات الأصلية بواسطة عدة رءوس تخرج من هذا المحيط السماوى تشير إلى الاتجاهات الأصلية الأربعة . وتعتبر محاولة تحديد الاتجاهات فى الخرائط البابلية أقدم محاولة من نوعها عرفها العالم . ورغم ما قد يبدو على هذه المحاولات من سذاجة فى التفكير والتصميم إلا أنها كانت ذات أثر ملموس على صناع الخرائط فيما بعد .

الخرائط المصرية :

وقد كان للمصريين دور ملحوظ فى هذا المجال . وإذا كانت الخرائط البابلية قد اعتمدت فى نشأتها على تصور السكان للاقليم أو على أفكار فلسفية ، فإن الخرائط المصرية القديمة كانت نتيجة عمليات مساحية دقيقة . فقد أجمع الباحثون على أن مصر قد عرفت المساحة التفصيلية الدقيقة منذ أقدم العصور ، وكان الدافع الأساسى إلى الاهتمام بها هو تقدير الضرائب

التى كانت تحتاج إليها الحكومة لتغطية النفقات الباهظة التى كان يتطلبها نظام حكم الفراعنة. وكانت عمليات حصر الأراضى تتم سنويا لأنه لم يكن لأحد من السكان حق فى ملكية الأراضى،ومن ثم كانت الحكومة تلجأ إلى تأجير الأرض بعد كل فيضان بطريق المزاد ،وتتم مساحتها بعد إتمام الزراعة لتنظيم جباية الضرائب . ورغم براعة المصريين فى الرياضيات لم يتركوا لنا إلا القليل من الخرائط المنقوشة على أوراق البردى ، مما دعا البعض إلى القول بأن جهود المصريين فى الخرائط لا تمثل نقطة هامة فى تاريخها .



(شكل ١) خريطة لمنجم مصرى قديم ترجع إلى سنة ١٣٢٠ قبل الميلاد

وقد وجدت عدة لوحات مصرية ترجع إلى عهد رمسيس الثانى سنة ١٣٠٠ ق . م . تبين مواقع الأعمدة التى تحدد الأحواض والأقسام الإدارية وحدود الأراضى الزراعية . وأقدم خريطة مصرية هى الخريطة الموجودة فى متحف تورينو والتى يعود تاريخ إنشائها إلى سنة ١٣٢٠ ق . م . وهى مرسومة على ورقة بردى وتوضح أحد مناجم الذهب المصرية فى النوبة ، وإن كان موضع هذا المنجم غير معروف بالضبط . وقد ظهر فيها أهم معالم المنطقة

من مبان وطرق وأنهار وجبال . وقد كان كثير من المشتغلين بالدراسات المصرية القديمة يعتقدون أن هذه الخريطة هى أقدم خريطة عرفها العالم ، ولكن اكتشاف الخرائط البابلية أثبت خطأ هذا الاعتقاد . كما وجدت ورقة بردى أخرى محفوظة فى نفس المتحف تبين الطريق الذى سلكه سيتى الأول فى أثناء عودته منتصراً من حملته على سورية ، وذلك فيما بين بلوز ( الفرما ) وهليو بوليس ، كما توضح الخريطة القناة التى كانت تربط النيل ببحيرة التمساح .

## الخرائط الصينية :

ولم تقتصر جهود الإنسان فى مجال الخرائط على الحضارات القديمة فى الشرق الأدنى فحسب بل كان لتلك الحضارة الزراعية القديمة التى قامت فى الشرق الأقصى ؛ فى الصين ، دور مرموق فى تاريخ الخرائط . وإذا كان الامتزاج والتفاعل وتبادل الخبرات من سمات حضارات الشرق الأدنى القديمة فإن الحضارة الصينية نشأت وتطورت بصورة مستقلة عن مثيلاتها فى بقية أنحاء العالم . وقد انعكس هذا على كل مظاهر الحياة الصينية . ولذلك فقد تميزت الخرائط الصينية بنشأتها المستقلة ومن هنا فقد كان حتميا أن يكون تطورها بطيئاً حيث لم تتح الفرصة أمام الصينيين للاستفادة من تقدم الخرائط عند غيرهم من شعوب الأرض. ولهذا السبب فإننا نجد أن الخرائط الصينية تبلغ أوجها إبان العصور الوسطى حينما انحدرت الخرائط الأوربية إلى الحضيض . وقد توقفت الخرائط الصينية عند الحد الذى بلغته خلال العصور الوسطى ، ومن ثم تزايد الفارق بينها وبين الخرائط العالمية فبدت فى تلك الصورة المتخلفة .

وقد كان الدافع الأساسى إلى الاهتمام المبكر بالخرائط فى الصين شبيهاً لمثيله فى مصر . فإن حضارة الصين الزراعية ترجع إلى عهد بعيد وكان من واجب حكام المقاطعات الصينية القيام بعمليات قياس الأراضى الزراعية وتقدير مصادر المياه ومدى وفرتها وسهولة الحصول عليها حتى يمكن تقدير الضرائب عليها تقديراً دقيقاً .

وأقدم الخرائط الصينية المعروفة هى تلك الخريطة التى وردت تفاصيلها فى كتابات المؤرخ الصينى الكبير سو ما شين Su Ma Chien والتى يرجع تاريخ إنشائها إلى سنة ٢٢٧ ق . م . ولكن أروع الخرائط الصينية القديمة هى تلك الخريطة التى وضعها الرائد الحقيق للكارتوجرافيا الصينية بى هسيو Pei Hsiu . وقد وضع بى هسيو أسس الكارتوجرافيا الصينية فى النواحى الآتية التى اعتبرت بحق إضافات قيمة فى علم الخرائط :

١ — قسم الخريطة إلى شبكة من الخطوط الأفقية والرأسية Rectilinear Divisions لا لتبين خطوط الطول والعرض وإنما لتسهيل تحديد مواقع البلاد ،وقد سبق الغرب فى وضع هذا النظام .

٢ — توصل إلى توجيه الخرائط Orientation .

٣ — حدد الأبعاد بين مختلف الأماكن Mileage .

٤ — حدد على الخريطة مدى ارتفاع وانخفاض الأراضى بعضها عن بعض Altitudes .

٥ — بين تغير اتجاهات الطرق وانحناءاتها من منطقة إلى أخرى .

وتتكون خريطة بى هسيو من ثمانية عشر قسماً ، وقد حفظها امبراطور الصين فى مكان أمين نظراً لإعجابه بها،ورغم هذه الحيطة فلم تصلنا أصول هذه الخريطة التى كانت توضح بأجزائها الثمانية عشر كل إمبراطورية الصين فى ذلك الوقت بالإضافة إلى المناطق المجاورة لها .

وبعد بى هسيو اتسع مدى ما تعرضت له الخرائط الصينية حتى شمل المناطق الواقعة بين إيران غرباً واليابان شرقاً . ويمكن أن نذكر على سبيل المثال هسيه شوانج Hsieh Chuang ( ٤٢١ — ٤٦٦ ) الذى قام بإنشاء خريطة خشبية مساحتها عشرة أقدام مربعة تمثل أقاليم الصين جميعاً .

ولكن أشهر الكارتوجرافيين الصينيين فى الفترة المتأخرة كان تشياتان Chia-Tan ( ٧٣٠ — ٨٠٥ ) الذى قام بعمل خريطة مساحتها ٣٠ قدما مربعاً تمثل معظم القارة الأسيوية . ونلاحظ من هذه الخريطة أن فكره الصينيين عن الأقاليم غير الصينية كانت فكرة غامضة .

وقد اتسع نطاق الخرائط الصينية وزادت عمليات إنشائها . وعندما دخل أعضاء جماعة الجيزويت التبشيرية إلى الصين فى القرن السادس عشر وجدوا مادة خصبة من الخرائط مكنتهم من إنشاء أطلس رائع للامبراطورية الصينية . ومنذ ذلك التاريخ بدأت الخرائط الصينية تتأثر بالغرب . ولكن رغم هذا ما زالت بعض الخرائط الحديثة لبعض مناطق الصين النائية تعتمد على مادة موروثة من العهود السابقة أكثر من اعتمادها على عمليات مساحية حديثة .

## الخرائط القديمة فى أمريكا :

لم تقتصر جهود الإنسان فى العصور القديمة على تلك المحاولات التى ذكرناها والتى نشأت فى الشرق بل وجدت خرائط لا بأس بدقتها لبلاد المكسيك تبين بعض مناطق إمبراطورية الأزتك ، وكذلك لبيرو لتبين بعض قرى امبراطورية الإنكا . بل لقد رسمت بعض هذه الخرائط بطريقة مجسمة ، إلا أن الغزو الإسبانى لتلك المناطق وقضاء الإسبان على تلك الحضارات القديمة أوقف كل تقدم فى فن الخرائط وقضى على احتمال ظهور خرائط فنية دقيقة فى ذلك الوقت المبكر .

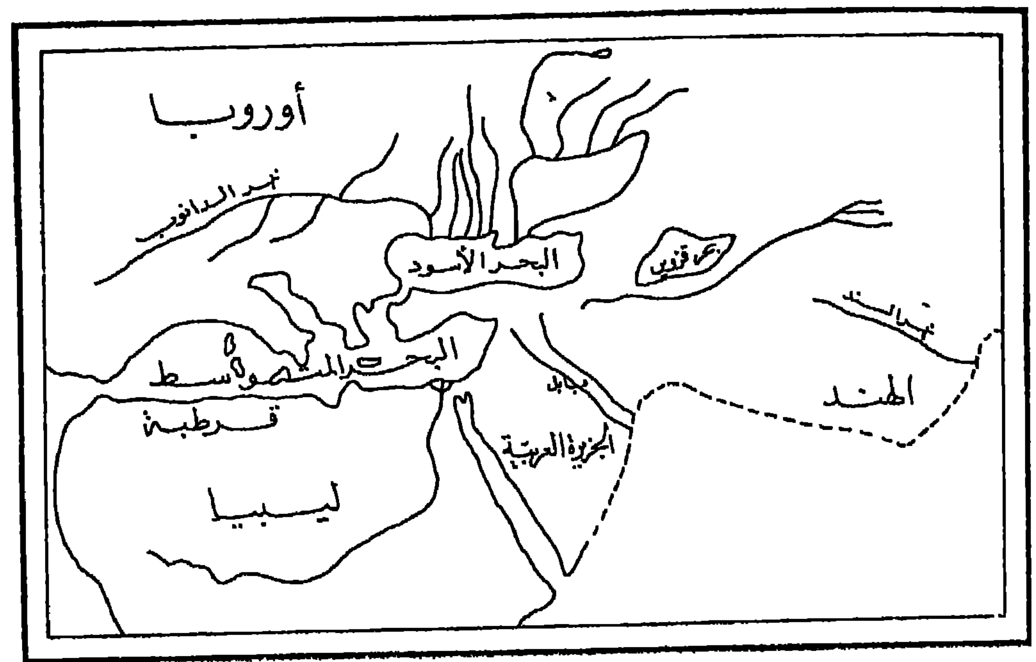
تلك هى قصة الجهود القديمة فى ميدان الخرائط عرضنا لها لمحاولة تحديد نقطة البداية فى تاريخ الخرائط . والواقع أنه لا يمكن تحديد تاريخ معين بصفة حاسمة انطلقت فيه جهود الإنسان فى ميدان الخرائط ، لأن الأمر لم يكن يعدو محاولات هنا وهناك تعكس حاجة الإنسان الملحة فى مختلف البيئات الطبيعية إلى هذا الفرع من فروع المعرفة الإنسانية . ولكن ظهور الخرائط كعلم له أسسه الواضحة ومنهجه العلمى المدروس لم يتم إلا على يد الإغريق .

## الخرائط الإغريقية :

استفاد الإغريق فى تأسيسهم لعلم الخرائط بما بلغه سكان مصر وبابل من تقدم فى الفلك والرياضيات ، بل إن كثيراً من الأسماء اللامعة فى تاريخ الخرائط الإغريقية ارتبطت بوادى النيل ارتباطاً وثيقاً مثل هيرودوت واسترابو وبطلميوس .

وتمثل الخرائط الإغريقية نقطة البداية الحقيقية فى تاريخ هذا العلم . وقد تميزت الخرائط الإغريقية بأمانة علمية لم تتوافر إلا فى خرائط القرنين التاسع عشر والعشرين ، فقد كانوا يتركون المناطق التى لم تصلهم عنها معلومات كافية بيضاء بينما سنجد أن الخرائط الأوربية فى العصور الوسطى كانت مليئة بالزخارف والرسوم التى لا تمت إلى الحقيقة بصلة .

وقد ذكر لنا المؤرخون بعض أسماء الجغرافيين الإغريق مثل أنكسمندر Anaximander ( ٦١١ — ٥٤٧ ق . م . ) الذى صنع خريطة للعالم وهيكاتيوس Hecataeus ( حوالى ٥٠٠ ق . م . ) الذى عدل خريطة أنكسمندر وألحق بها وصفاً للعالم المعروف أمكن منه إنشاء خريطة للعالم .



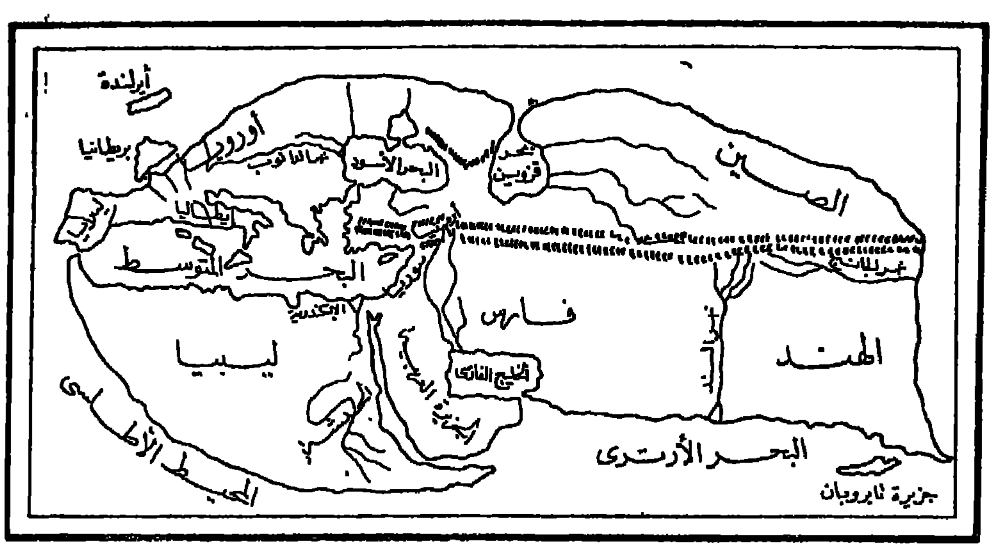

خريطة هيرودوت

( شكل ٢ )

وفى بداية القرن الرابع قبل الميلاد بدأت فكرة الإغريق عن شكل الأرض تتطور تبعاً لتطور المعلومات عن امتدادها . كما ظهرت فى بداية هذا القرن فكرة جديدة هى شكل الأرض الكروى . وكان منشأ هذه الفكرة فى أول الأمر كنظرية فلسفية تفتقر إلى الأرصاد الفلكية على أساس أن الكرة هى أكمل الأشكال الهندسية تناسقاً من حيث بعد أطرافها عن المركز ، وبما أن الأرض هى أجمل مخلوقات الآلهة فلا بد أن تكون على شكل كرة . وقد اقتنع كراتس Crates فيما بعد ( توفى سنة ١٤٥ ق. م. ) بهذه الفكرة الفلسفية وقام بإنشاء كرة أرضية globe يتعامد على سطحها محيطان : محيط استوائى وآخر يمتد من الشمال إلى الجنوب ويقسمان الأرض إلى أربع كتل يابسة تحفظ توازن الكرة . وهكذا تنبأ كراتس باكتشاف الأمريكتين واستراليا . وقد ظلت هذه الكرة مجرد خيال يداعب أحلام الفلاسفة إلى أن أمكن تحقيقها بالأرصاد الفلكية حوالى سنة ٣٥٠ ق. م. فثبتت كرويتها ودورانها حول محورها ومدى ميل هذا المحور كما قدرت أبعادها بدقة كبيرة فيما بعد.

هكذا بدأ الإغريق يستفيدون من معرفتهم لفكرة خطوط الطول والعرض فى إنشاء خرائط لمناطق صغيرة لأغراض الحياة العملية وهذا ما أطلق عليه علمائهم اسم الكوروجرافيا

Chorography وبعدها بدأ الإغريق يتقدمون نحو ما أطلقوا عليه اسم الجغرافيا.. Geography وكانوا يقصدون بهذه التسمية توقيع العالم على خرائط وفقاً لمناهج علمية مدروسة وهو ما نسميه الآن بالكارتوجرافيا Cartography .




خريطة استرابو
( شكل ٣ )

وتوالت بعد ذلك إضافات الإغريق إلى علم الخرائط فظهرت أسماء مثل هيرودوت الذى قام بتعديل خريطة هيكاتيوس وأنشأ خريطة للعالم متضمنة الكثير من المعالم التى جمعها بنفسه أو مما وصل إليه من كتابات السابقين . وكذلك إراتوستين ثم بوز يدونيوس Posidonius ومارينوس وهيباركس Hipparchus الذى حاول تعديل خريطة ايراتوستين وتوصل إلى أرصاد فلكية دقيقة ولكنه رغم ذلك لم يوفق فى رسم خريطة للعالم إذ لم يوفق إلى المسقط المناسب. ولكن الفضل الأكبر فى تلك الشهرة التى نالتها الخرائط الإغريقية يرجع إلى ايراتوستين وبطلميوس .

فقد تمكن ايراتوستين Eratosthenes ( ٢٧٦ — ١٩٦ ق.م. ) الذى كان أمينا لمكتبة الإسكندرية من تقدير محيط الكرة الأرضية وذلك بالاستعانة بمقاييس قدماء المصريين وبما لاحظه من اختلاف ميل أشعة الشمس عن سمت الراصد فيما بين الإسكندرية وأسوان على اعتقاد منه أنهما تقعان على خط طول واحد . فقد قدر هذه الزاوية ثم قدر قوسها ومن ثم

توصل إلى تقدير محيط الكرة الأرضية بحوالى ٢٥٢٫٠٠٠ استديا Stadia[1] أى ٢٤٦٦٢ ميلاً . وتبعاً لهذا التقدير يكون طول الدرجة ٦٨٫٥ ميل . ولو تقبل العلماء بعد إراتوستين تقديراته لأبعاد الأرض لكان لهذا أبلغ الأثر فى تطور الخرائط الإغريقية . وفى نفس الوقت لوتسنى لكريستوف كولبس معرفة تقديرات إراتوستين لمحيط الكرة الأرضية لتخاذل عن القيام برحلاته الشهيرة . وقد كانت تقديرات إراتوستين لمحيط الأرض أقرب التقديرات القديمة إلى الحقيقة فلم يتجاوز الخطأ الذى وقع فيه ١٤ ٪ من طول محيط الأرض .

وقد قام إراتوستين بإنشاء خريطة للعالم المعروف فى ذلك الوقت وكانت على شكل متوازى أضلاع يبلغ طول المنطقة التى يوضحها من الشرق إلى الغرب حوالى ٧٥٫٨٠٠ استديا ومن الشمال إلى الجنوب ٤٦٫٠٠ استديا . ويتضح لنا من خريطته أنه كان يجهل تقسيم العالم إلى أوربا وآسيا وليبيا . فقد استبدل به تقسيم العالم إلى قسمين : أحدهما شمالى والآخر جنوبى ويفصل بينهما خط عرض رودس . ثم قام بتقسيم كل منهما إلى أقسام فرعية وإن كان أساس هذا التقسيم الفرعى ما زال غامضا . ورغم دقة تقديرات إراتوستين لشكل الأرض فلم تخل خريطته من عدة أخطاء يمكن أن نوجزها فيما يلى :

١ — جعل أسوان تقع على مدار السرطان مع أنها تقع على خط عرض ٠ ٣َّ ٥َ ٢٤° أى إلى الشمال من هذا الموقع بحوالى ٣٧ ميلا .

٢ — قدر المسافة المباشرة بين الإسكندرية وأسوان بخمسمائة ميل رغم أنها لا تتجاوز ٣٥٤ ميلا .

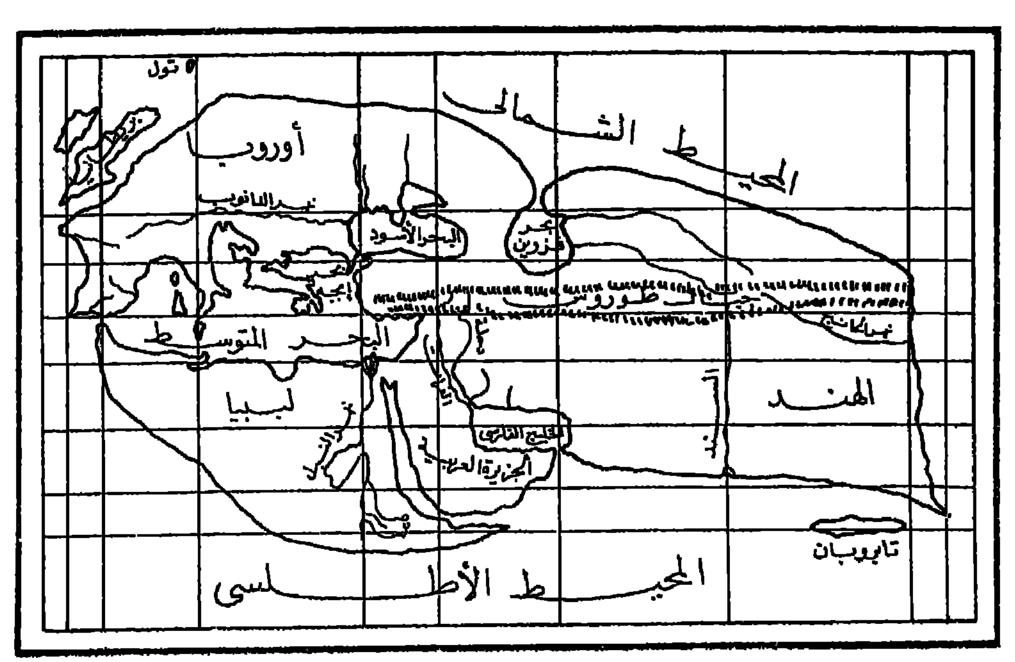
٣ — وضع مدينتى الإسكندرية وأسوان على خط طول واحد مع أن الأولى تقع غرب أسوان بـ ٠٣َ ٣° .

٤ — قدر إراتوستين الفرق بين مدينتى أسوان والإسكندرية بـ ١٢َ ٧° رغم أن هذا الفرق لا يتعدى ٠٥َ ٧° ، مما سبب خطأ آخر فى النتيجة النهائية .

٥ — كان من الممكن ألا تبلغ نسبة الخطأ فى تقديراته ١٤ ٪ لو كانت الأرض على شكل كرة كاملة التكور .

---

(١) الإستديا وحدة قياس يونانية قديمة يبلغ طولها ستمائة قدم إغريقى والميل يبلغ حوالى عشر استديات .

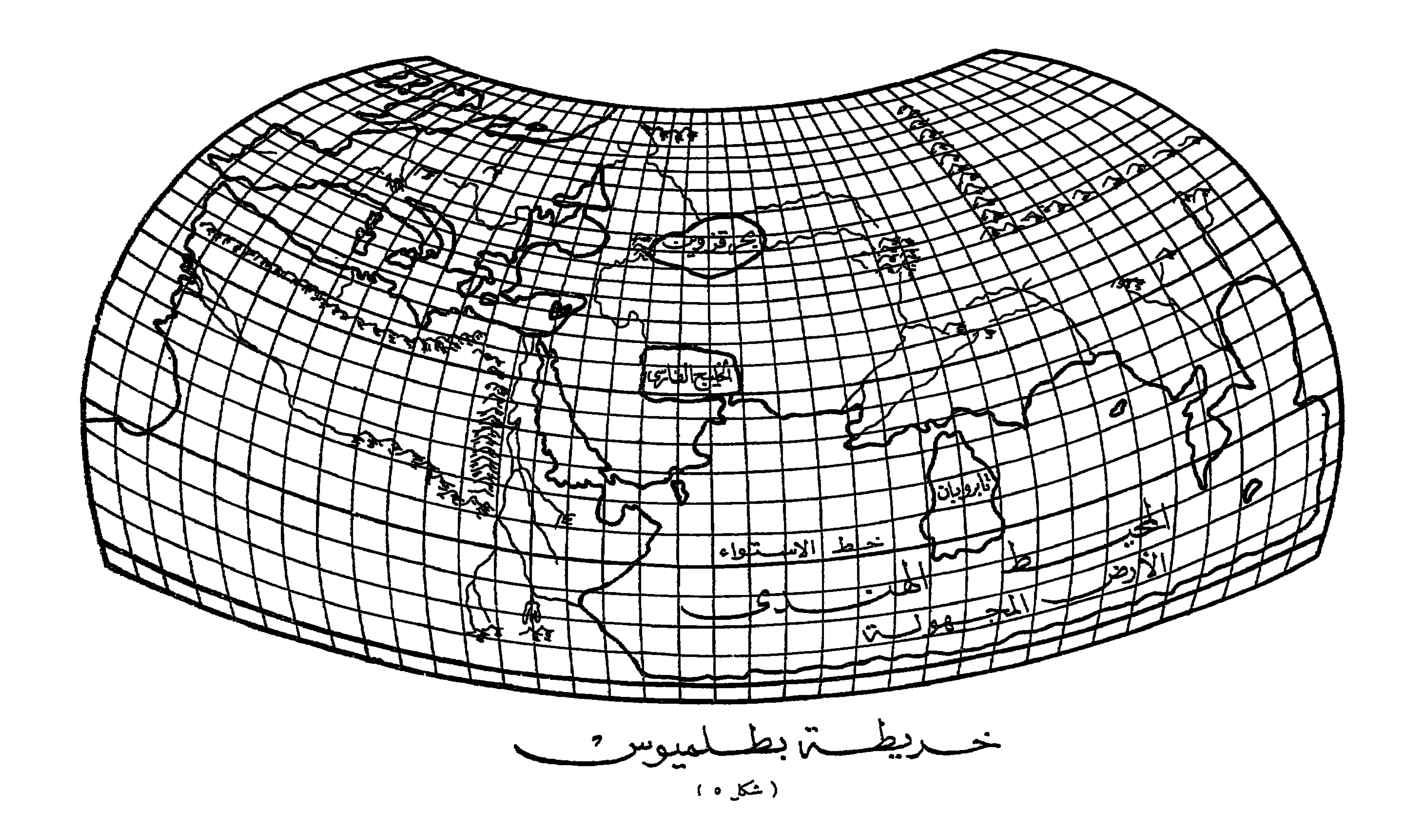



خريطة إيراتوستين

( شكل ٤ )

وتوالت بعد ذلك المحاولات لتقدير محيط الأرض عن طريق قياس درجات الطول والعرض لكثير من المواقع ولكن التوفيق جانب معظم هذه المحاولات التي كان من أشهرها المحاولة التي قام بها بوزيدونيوس Posidonius لتقدير أبعاد الأرض . ولا ترجع شهرة تقديراته إلى دقتها ، فقد كانت أقل دقة من تقديرات ايراتوستين ، بقدر ما ترجع إلى الخطأ الذى وقع فيه ونقله عنه بطلميوس وتوارثته الأجيال التالية له وظل شائعاً حتى القرن الخامس عشر الميلادى . فقد قدر بوزيدونيوس الفرق بين رودس والأسكندرية بـ ١٥َ ٥° بدلا من ٣٠َ ٧° ، كما أنه قدر طول الدرجة بخمسمائة أستديا بالرغم من أن إيراتوستين قدرها بسبعمائة أستديا . وكان من نتيجة هذا الخطأ أن بلغ تقديره لمحيط الكرة الأرضية ١٨٫٠٠٠ ميل فقط .

وإذا كان تاريخ الخرائط الإغريقية مليئاً بالأسماء اللامعة فإن هذه الخرائط قد ارتبطت باسم عالم إغريقى الأصل مصرى المولد هو كلاديوس بطلميوس السكندرى Cladius Ptolemy the Alexandrian ( ٩٠ — ١٦٨ م . ) الذى يعد أشهر علماء الخرائط الإغريق ، بل يعتبر بحق واضع أسس الكارتوجرافيا العامية .




خريطة بطليموس

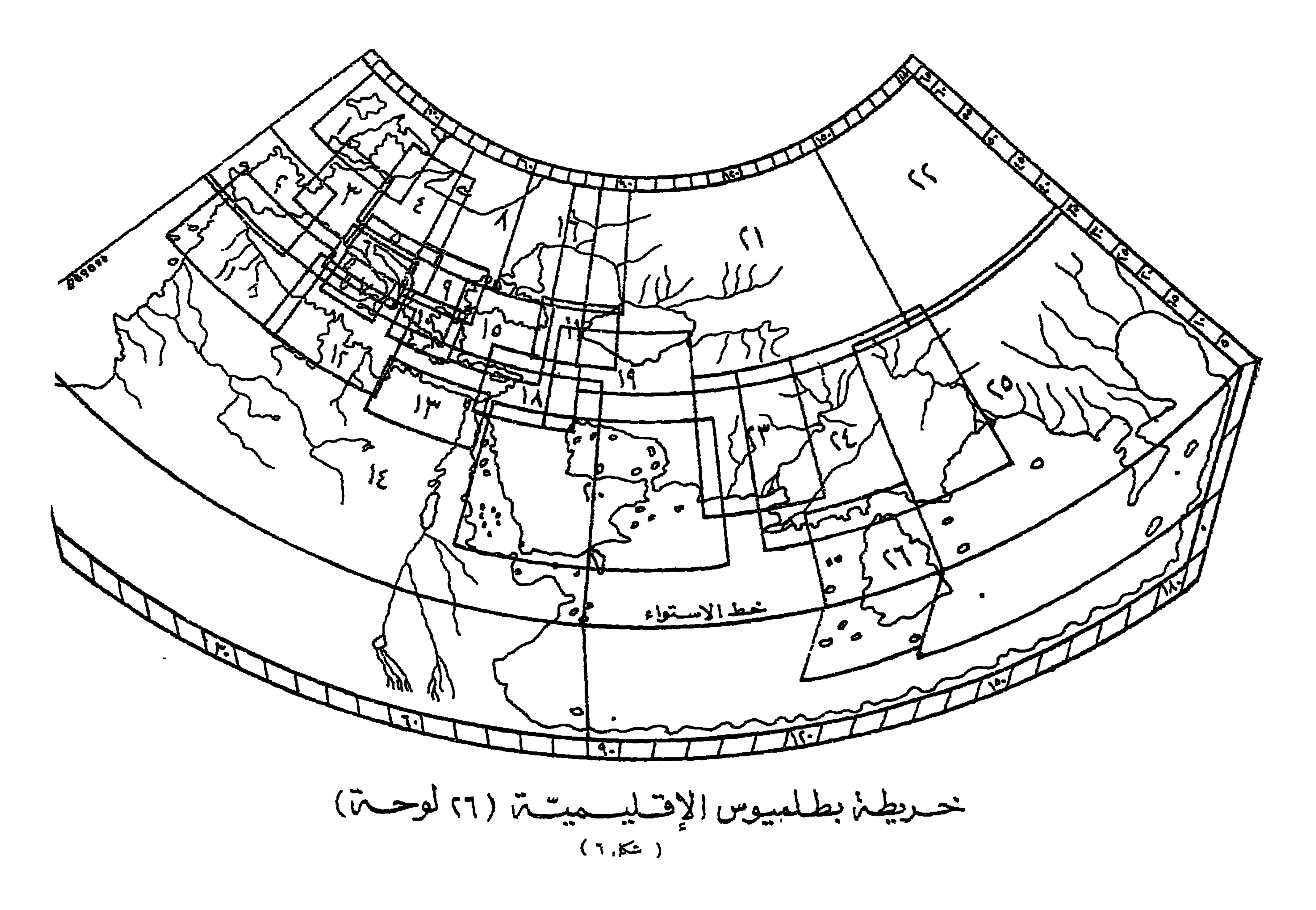
( شكل ٥ )

وقد جمع بطلميوس نظرياته العلمية فى كتابين هما : المجطس والجغرافية. وقد كان الإغريق يدرجون العلوم كلها تحت إسم الفلسفة ، ولكن بطلميوس شرح فى « المجسطى » كل نظرياته الفلكية واقتصر فى « الجغرافية » على الخرائط. وظلت النظريات الفلكية مدينة مدة أربعة عشر قرنا لجهود بطلميوس فى المجسطى حتى حلت نظريات نيوتن محلها ، كما أن كتابه « الجغرافية » ساد العالم المسيحى والإسلامى مدة خمسة عشر قرنا .

ويعتبر كتاب « الجغرافية » أطلساً عاماً للعالم. وقد وضع الكتاب فى ثمانية أجزاء ، أحتوى الجزء الأول منها على مقدمة عن الخرائط وواجبات صناع الخرائط وطبيعة الآلات التى يستخدمونها ، كما ناقش فيه بطلميوس الأسس النظرية لتشكل الأرض وأبعادها وعنى فيه بدراسة المساقط. واحتوت الأجزاء الستة التالية على كشوف بأسماء ثمانية آلاف موقع مع تقدير خطوط الطول والعرض لكل منها. أما الجزء الثامن والأخير — وهو أهمها جميعا — فقد اشتمل على دراسة لطرق رسم الخرائط والجغرافية الرياضية ومساقط الخرائط وطرق عمل الأرصاد الفلكية وقد وصف فيه مسقطين معدلين عن المساقط المخروطية. وقد تضمن كتابه خريطة للعالم إلى جانب ٢٦ لوحة تفصيليه لأجزاء العالم المختلفة كان نصيب أوربا منها عشر لوحات وإفريقية أربع لوحات وبقية اللوحات خاصة بآسيا .

ويمكن تقسيم خرائط بطلميوس إلى مجموعتين رئيسيتين : تتكون الأولى من خريطة العالم يضاف إليها ٢٦ خريطة إقليمية وهى التى وردت فى كتاب « الجغرافية » ، أما المجموعة الثانية فتتكون من ٦٧ خريطة رسمت لمناطق صغيرة المساحة. وقد اعتمد فى خريطته للعالم على خريطة مارينوس Marinus بعد أن صحح أخطاءها تبعا لما جمعه من معلومات جديدة وما أبتدعه من مساقط. وقد قسم بطلميوس خريطته تبعاً لطول الليل والنهار إبتداء من خط الاستواء ( ١٢ ساعة ) إلى الدائرة القطبية ( ٢٤ ساعة ) . وقد امتد العالم المعروف فى خريطته لمسافة ١٨٠ درجة من كناريا (صفر درجة) غربا إلى الصين شرقا كما وجهت الخريطة نحو الشمال مع توضيح لخط الاستواء والدارين على اعتبار أن خط عرض المدارهو ٥١َ ٢٣° .

وعلى الرغم مما جمعه بطلميوس من معلومات وما ابتدعه من مساقط ،فقد حوت خريطته بعض الأخطاء التى ظلت مستخدمة فيما ظهر بعده من خرائط. فمن أخطائه الرئيسية تقديره لطول الدرجة بـ ٥ر٥٦ ميل بخلاف تقديرات ايراتوستين الدقيقة ، وعندما قام بطلميوس بتحويل هذه الأطوال إلى درجات ظهر محيط الأرض أقل من حقيقته بينما بلغ امتداد




خريطة بطلميوس الإقليمية (٢٦ لوحة)

( شكل ٦ )

العالم المعروف أكثر من حقيقته ومن ثم كانت معظم التفاصيل التى احتوتها الخريطة مخالفة للواقع .

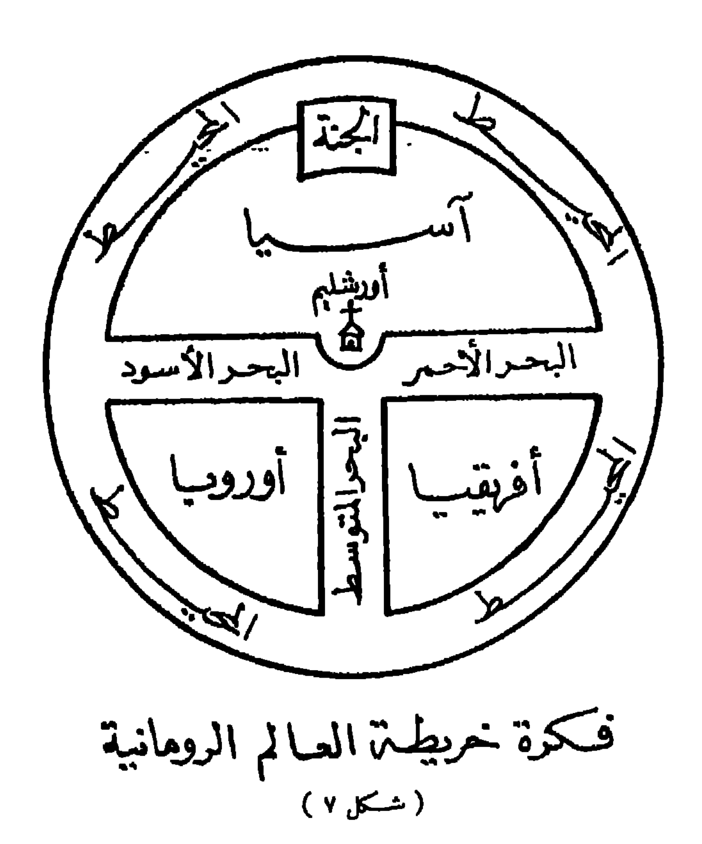
وقد صحح الجغرافيون العرب وصناع الخرائط البحرية فى القرن الثالث عشر هـذه الانحرافات إلا أنها استمرت فى الظهور على الخرائط الأوربية حتى سنة ١٧٠٠ . ولو كان للجغرافيين القدامى شجاعة بطلميوس فى الإقدام على الابتكار لما سلموا بكل آرائه بدون بحث . وتعتبر جهود بطلميوس ختام القصة بالنسبة للكشوف القديمة ، وبعده لم تعد تحوى الكتب الإغريقية واللاتينية معلومات جديدة ، وأخذ العصر المظلم فى الخرائط يخيم شيئا فشيئا .

الخرائط الرومانية :

وقبل أن يجف المداد الذى كتبت به « جغرافية » بطلميوس كان البحر المتوسط قد أصبح بمثابة بحيرة رومانية تحيط بها الأقاليم والمقاطعات الرومانية التى كانت تدين شعوبها بالطاعة لقيصر الرومان . وباتساع الإمبراطورية الرومانية تعرضت حدودها الطويلة لضغط متواصل من البرابرة والفرس . ومن هنا فقد وجدت حاجة ملحة إلى إنشاء شبكة كبيرة من الطرق تربط عاصمة الامبراطورية بأقاليمها المختلفة . ومن هذه النظرة الرومانية إلى الأمور ولدت الحاجة إلى إنشاء خرائط لهذه الطرق على الأقل . فبينما سادت النزعة العلمية الخرائط الإغريقية كانت الخرائط الرومانية تخدم دائما أغراضا عمليـة . فلم يهتم الرومان بدراسة نظام خطوط الطول والعرض والأرصاد الفلكية وما يتبعها من دراسة لمساقط الخرائط . ورغم معرفة الرومان للمناهج العلمية لإنشاء الخرائط فلم تكن الخرائط فى نظرهم إلا وسيلة تخدم أغراضهم فى الحكم والإدارة .

وتنعكس نظرتهم العملية هـذه فى تلك الخريطة التى عرفت باسم لوحة بوتنجر Tabula Peutingeriana . وهى ليست خريطة بالمعنى المعروف وإنما هى نوع من خرائط الطرق Itineraium Scriptum التى انتشرت إبان حكم الرومان . وترجع هذه اللوحة إلى القرن الثالث الميلادى وهى توضح بطريقة بيانية امتداد الطرق وأطوالها والمدن التى تربط بينها ، فرسمت الطرق بخطوط مستقيمة مع توضيح المسافات التى تفصل بين المـدن الواقعة عليها .

وفضلا عن لوحة بوتنجر أنشأ الرومان خريطة للعالم عرفت باسم Orbis Terrarum أى « مساحة العالم » عكست بصدق نظرة الرومان إلى العالم باعتباره قرصاً مستديراً تتوسطه مدينة روما عاصمة الامبراطورية الرومانية . وقد ظهرت الهند والصين وروسيا على شكل أقاليم هامشية صغيرة تحيط بالامبراطورية الرومانية . وهذه اللوحة تشبه من هذه الناحية الخرائط الصينية القديمة التى كانت تشغل الصين فيها معظم اليابس وتتناثر حولها بقية أقاليم العالم على شكل جزر صغيرة عديمة الأهمية .




فكرة خريطة العالم الرومانية

( شكل ٧ )

وباستثناء هذه الجهود المتواضعة لم يسهم الرومان بنصيب كبير فى الخرائط . وإذا كانت نهضة الخرائط العالمية إبتداء من القرن السادس عشر قد ارتكزت على ما بلغه الإغريق فى الخرائط واتخذت من جهود بطلميوس نقطة البداية لإحياء الخرائط ، فإن الأثر الوحيد الذى تركته الجهود الرومانية هو تأثيرها السيىء فى خرائط العصور الوسطى فى أوربا حيث سادت خلال هذه العصور المظلمة فكرة القرص المستدير للعالم والذى يحيط به البحر من جميع جهاته ، وهى التى عرفت باسم خرائط Tin O وطرحت جانبا فكرة كروية الأرض التى كان إحياؤها فى أوربا فى عصر النهضة هو الدافع الأساسى للكشوف



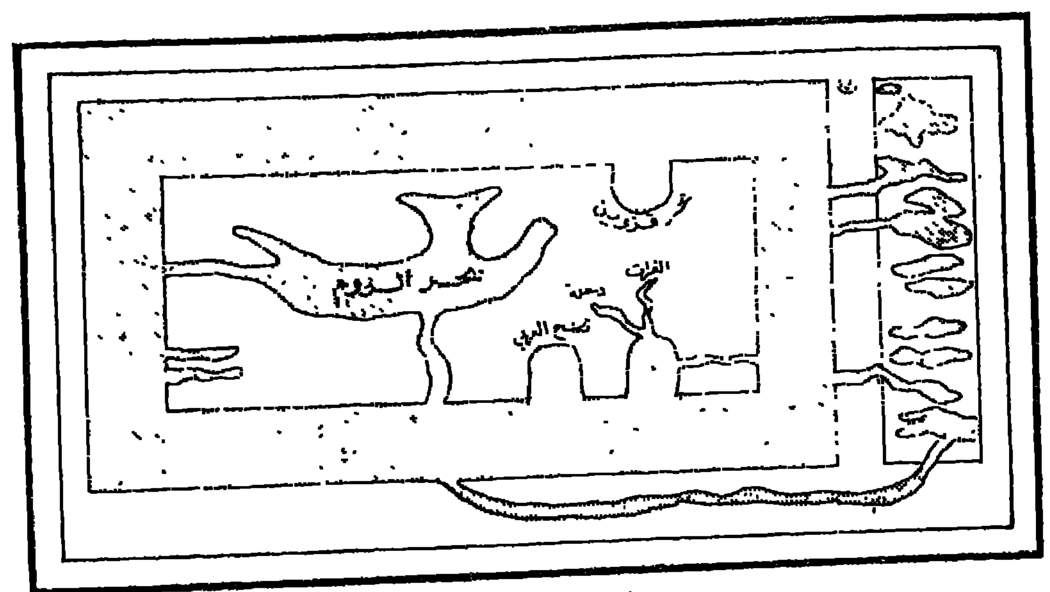

خريطة العالم الرومانية

( شكل ٨ )

الجغرافيــة العظيمة وما كان لهــذه الـكشوف من أثر كبير على تقدم الخرائط منــذ ذلك التاريخ .

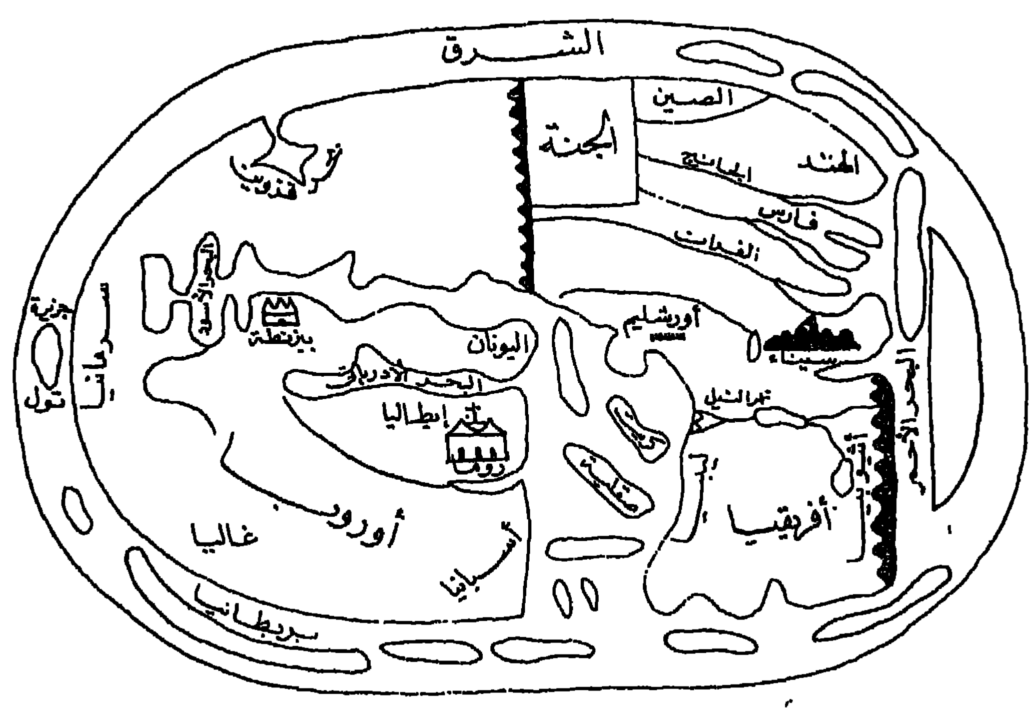
الخرائط الأوربية فى العصور الوسطى :

وكان تدهور الخرائط الرومانية بداية ذلك الطريق الطويل المظلم الذى سلـكته الخرائط حتى عصر النهضة . وإذا كانت العصور الوسطى فى أوربا قد تركت لنا بعض الخرائط فإن هذه الجهود لم تـكن تتعدى تعديلات طفيفة على خريطة العالم الرومانية حتى تتلاءم مع تعاليم الـكتاب المقدس . ويتضح لنا هذا التدهور بصورة جلية إذا قارنا بين بعض خرائط العصور الوسطى فى أوربا مثل خريطة كوزموس ( ٥٤٨ م . ) أو سان بيتوس ( ٧٧٦ ) St. Beatus أو خريطة هيرفورد ( ١٢٨٠ ) Hereford وبين الخرائط الإغريقية على سبيل المثال . وكانت خرائط العصور الوسطى فى أوربا تظهر إما على شكل مربع أو على شكل دائرة مثل خريطة هيرفورد أو على شـكل بيضاوى مثل خريطة سان بيتوس .




خريطة كوزموس سنة ٥٤٨ م

( سـكل ٩ )




خريطة سان بيتوس سنة ٧٧٦ م .

( شكل ١٠ )

## الخرائط العربية فى العصور الوسطى :

وإذا جاز لنا أن نطلق مع الباحثين اسم العصور المظلمة على العصور الوسطى فى أوربا فإن هذا التعميم لا يمكن أن يكون صحيحاً بالنسبة للعرب . فالباحثون يعتبرون أن النهضة العلمية فى أوربا مرآة صادقة تعكس تاريخ المدينة فى العالم ، ولكن هذه النزعة خطيرة للغاية لأنها تؤدى إلى تكوين رأى منحرف عن تاريخ الحضارة العالمية . فقد كان تاريخ العرب فى العصور الوسطى هو تاريخ المدينة العالمية ذاتها .

ويبخس كثير من الباحثين الخرائط العربية فى العصور الوسطى حقها باعتبارها فترة مجدبة قاحلة لم يحرز العرب فيها نجاحا عريضا فى فن الخرائط . ورغم اعترافهم بأن جهد العرب العلمى فى مجال الخرائط قد واصل حمل التراث السابق على المسيحية وكذلك مخلفات بطاميوس ثم صبوا ذلك كله فى قالب علمى من صنعهم الخاص فإن مسألة تصميم الخرائط لم تكن يسيرة وبقيت بدون حل حتى أيام مركيتور . وعلى الرغم من أننا قد نفتقد فى بعض أعمالهم كثيرا من أصالة اليونان إلا أنه لا يمكن القول بتوقف الخرائط العربية عن تضمن أية معلومات جديدة .

وعند تقييمنا للخرائط العربية فى العصور الوسطى يجب أن نضع فى أذهاننا أنه رغم الجهود المضنية التى بذلها نفر من الباحثين مثل كونراد ميللر ويوسف كمال ، حتى يجعلوا فى إمكاننا الوصول إلى تقدير سليم لفن الخرائط عند العرب ، فإن عددا قليلا فقط من الأصول التى خلفها صناع الخرائط العربية ومن الصور المنقولة عن تلك الأصول قد وصل إلى متناول أيدينا . فنحن لا نعثر على أثر لأصول جهود الخوارزمى ( خريطة المأمون التى تصور العالم ) ، والبلخى والإصطخرى وابن حوقل والمقدسى وصاحب كتاب ( حدود العالم ) . وحتى بالنسبة لخريطة الإدريسى الموجودة بين أيدينا نجدها صورة منقولة لا يعدو تاريخها القرن الخامس عشر . وهكذا يبدو من الصعب أن نصدر حكماً شاملا على مزاياهم .

وقد كان تقدم الخرائط العربية تابعا ومحددا بمدى تطور الجغرافية ذاتها . ولذلك فلم تحتل الخرائط العربية مكانة بارزة فى النهضة العلمية العربية إلا بعد أن ترجمت الكتب القديمة لاسيما كتب اليونان وعلى الأخص ما كتبه بطاميوس ( الجغرافية والمجسطى ) . وقد ظل العرب يحافظون على هذا التراث وتقدمت معرفتهم الجغرافية شوطا عما كانت عليه أيام بطلميوس .

وقد استطاع العرب أن يحافظوا على استمرار تقدم الخرائط من العصور القديمة حتى البحث العلمى الغربى إبان عصر النهضة وذلك عبر العصور الوسطى . وقد تم ذلك رغم عدم وجود اتصال مباشر بين الخرائط العربية والأوربية . ولم يقف دور العرب عند نقل التراث الاغريق والمحافظة عليه والإضافة إليه بل لقحوا التفكير الإغريقى بالهندى . وفى الفترة المحصورة بين القرنين السابع والثانى عشر نجد أن المعرفة الجغرافية تنتقل من أوربا إلى المراكز العلمية الكبيرة فى بغداد وقرطبة ودمشق . ولذلك فلم تكن النهضة الرياضية والفلكية التى قامت فى روما واكسفورد وباريس فى القرن الثالث عشر إلا انعكاساً للجهود الإسلامية فى ميدان الخرائط .

وقد كان العرب على حق فى اعتقادهم بأن جهود الإغريق والرومان بلغت ذروتها فيما كتبه بطلميوس . ورغم ذلك فلم يتابع العرب بطلميوس متابعة العبيد ، بل إن الرحالة العرب قد فندوا كثيراً من آرائه وأعادوا حساب طول الدرجة وتوصلوا إلى نتائج غاية فى الدقة . فلم يكن العرب بحال من الأحوال مجرد ناقلين للحضارة Good Conductors of Civilization فلا شك أنهم كانوا على حرص وفهم للمعرفة وكان طبيعيا أن يبدأوا بما انتهى إليه غيرهم . وقد بلغت جهود العرب ذروتها فى القرن العاشر بكتابات البتانى والمسعودى . فقد نبذ أولهما كثيراً من آراء بطلميوس وإن كان قد مال إلى تصديق كوزموجرافية استرابو واعتبر أن المحيط الهندى بحر مفتوح ، بعكس بطلميوس الذى كان يعتقد باتصال ساحل إفريقية الشرق باليابس الأسيوى عند شبه جزيرة الملايو . واكتملت معرفة العرب عن العالم بما كتبه البيرونى عن الشرق والإدريسى عن الغرب .

وهناك عدة عوامل لعبت دوراً كبيراً فيما وصلت إليه نهضة العرب فى العلوم الجغرافية وما تبعها من تقدم فى فن الخرائط يمكن أن نوجزها فيما يلى :

١ — إنبثقت عناية العرب بالعلوم الجغرافية من واقع حياة الترحال التى كانوا يحيونها . ولذلك فإننا نلمس آثاراً عربية ذات صلة بمسائل جغرافية من قبل أن يحين مولد الجغرافية العلمية عند العرب .

٢ — أصبح العرب بعد الفتح سادة كثير من المناطق التى كانت مهاد المدنية ومن ثم كان الفتح والتوسع يفسحان المجال للسلام والحضارة .

٣ — محاولة الحكومة المركزية دراسة أحوال البلاد التي تتكون منها الإمبراطورية حتى يكون نظام الحكم نظاماً سليماً .

٤ — تشجيع الخلفاء المسلمين للبحث والدراسة ، لا سيما الخليفة المأمون الذى تقاضى منه المترجمون ثقل كتبهم ذهبا .

٥ — قيام منافسة علمية شريفة بين مراكز الثقافة الإسلامية المتناثرة من الأندلس حتى حدود الصين .

٦ — كان لانتشار الإسلام نفسه أثر كبير فى تقدم العلوم .

٧ — بانتشار الإسلام سادت اللغة العربية ، فأدى تجانس التعبير إلى جانب تجانس الاعتقاد الدينى إلى نمو العلوم وتقدمها .

٨ — نظام الصلاة تطلب العناية بدراسة طرق تحديد القبلة من مختلف جهات الإمبراطورية ، فدفعت شعائر الإسلام العرب إلى الاهتمام بالدراسات الفلكية .

٩ — قدر الدين الإسلامى متاعب السفر فخفف على المسلم بعض الواجبات الدينية فى الصلاة والصوم مما شجع المسلمين على القيام برحلاتهم العلمية .

١٠ — كان للحج أثر كبير فى تقدم المعرفة الجغرافية عند العرب فقد كانت فترة الحج فترة فراغ من أعباد الحياة تتيح للعرب فرصاً أوسع لتبادل الخبرات عندما يلتقون بغيرهم من المسلمين من أجناس مختلفة قدموا من بيئات طبيعية واجتماعية متباينة . كما كانت رحلة الذهاب والإياب إلى الحجاز تستغرق وقتاً طويلا مما عرف عن بطء المواصلات فى العصور الوسطى ومن ثم يمكن اعتبار هذه الفترة فترة تفرغ لرحلة دراسية عظيمة .

١١ — باتساع الإمبراطورية تولدت الحاجة إلى تكوين جهاز للبريد ومد شبكة للطرق . وقد كان هذا دافعا لظهور كتب تعالج موضوع « المسالك والممالك » لابن خرداذبة والاصطخرى وابن حوقل .

١٢ — بانتشار الطرق ازدهرت التجارة وامتد نشاط التجار العرب خارج الإمبراطورية نفسها . وقد دون كثير من التجار مشاهداتهم فى البلاد الأجنبية .

١٣ — كان لازدهار التجارة أثر فى توفر الأموال الطائلة لدى العرب مما شجع عشاق الرحلات على القيام برحلاتهم .

١٤ — لا يجب أن ننسى ما كان لنظام الوقف على أعمال الخير من أثر فى تشجيع العلم والدراسة .

١٥ — كانت للعروبة هيبة فكان العرب المسافرون يلقون من كرم الضيافة وحسن المعاملة ما حبب إليهم الرحلات والأسفار .

١٦ — أدت معرفة العرب لبعض الأجهزة المساحية إلى تسهيل أسفارهم ، فقد اخترع العرب الإسطرلاب ، كما أن القرائن تدل على أنهم توصلوا إلى معرفة البوصلة قبل الصينيين الذين عزوا اختراعها إلى بعض الأجانب وهم على الأرجح المسلمين .

١٧ — كانت الرحلات هدف كثير من العرب . وإذا كان معظمهم قد زار الأماكن المقدسة فإن الحج كان يأتى أحيانا كثيرة عرضا . وكل هؤلاء الرحالة أودعوا خلاصة تجاربهم فى قصص رحلاتهم حيث تنتشر المعلومات الجغرافية القيمة بين ثناياها . ومن بين هؤلاء الرحالة كثير من صناع الخرائط مثل ابن حوقل والمسعودى والمقدسى والإدريسى .

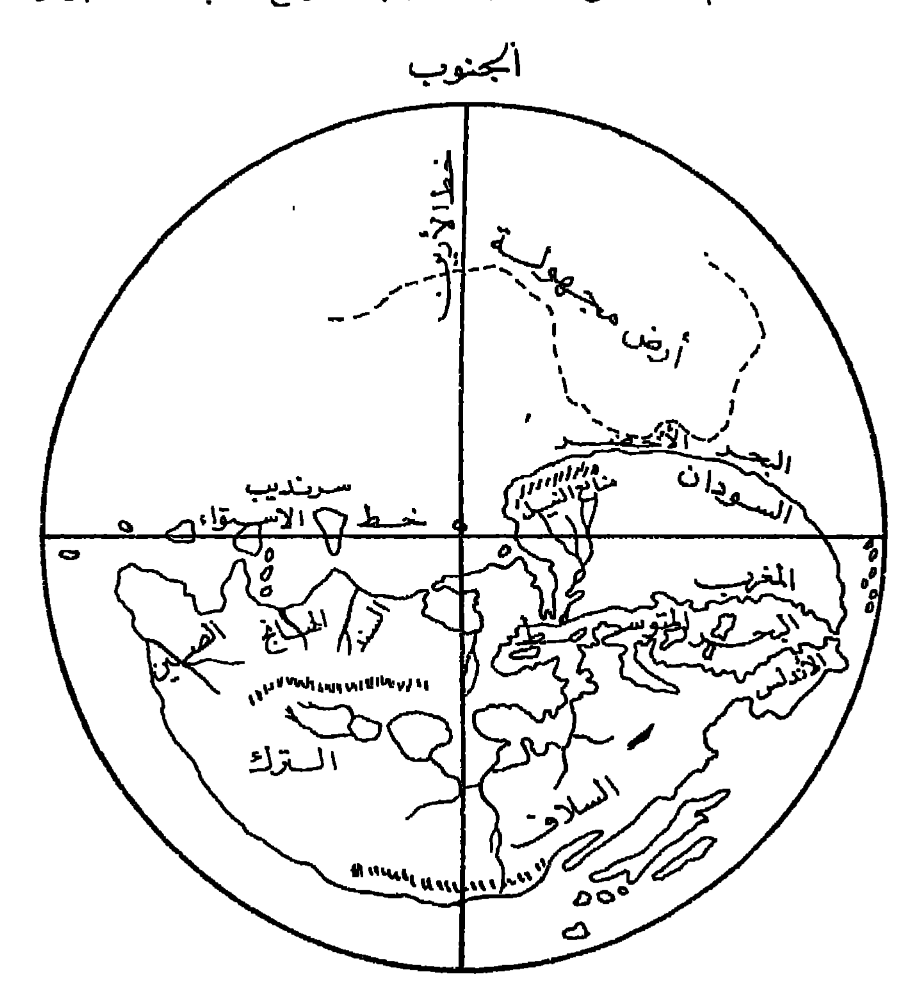
١٨ — إذا كانت أمور الجغرافية قد استرعت انتباه الكتاب العرب الذين تناولوا جغرافية الجزيرة العربية وتاريخها وآثارها مثل أبو زياد الكلابى والنضر بن شميل وهشام الكلبى وسعدان بن المبارك وأبو سعيد الأصمعى ، فقد اقتفى غير واحد من الجغرافيين العرب آثار بطلميوس ، وكانت هذه نقطة الانطلاق فى ميدان الجغرافية الفلكية والخرائط .

وقد وضع كتاب محمد بن موسى الخوارزمى الأساس الأول لعلم الجغرافية العربى . وقد ألف كتابه ( صور الأرض ) فى النصف الأول من القرن التاسع الميلادى . ويعتقد بأن هناك صلة بين هـذا الكتاب وبين خريطة العالم الشهيرة التى تعاون على رسمها نفر من الباحثين تحقيقا لرغبة الخليفة المأمون . ولكن معظم الخرائط التى ساهم فى رسمها الخوارزمى قد فقد .

ويعتبر أبو زيد أحمد بن سهل البلخى أحد الرواد المسلمين لصناعة الخرائط . وفى معظم كتبه ( الأشكال — صور الأقاليم ) تتخلل الرسوم والخرائط الشرح والبيان .

ومجموعة الخرائط التى قام بعملهـا البلخى كونت أطلسـاً كان يعرف بأطلس البلخى أو أطلس الإسلام .

أما أشهر صناع الخرائط العرب فى هذه الفترة المتقدمة فكان أبوحسن على المسعودى . وقد ولد المسعودى فى مدينة بغداد ثم أمضى شبابه فى الترحال حيث زار الهند وسيلان وبحر الصين وآسيا الصغرى والشام وفلسطين وزنجبار ومدغشقر وعمـان ثم استقر فى إصطخر . وفى سنى عمره الأخيرة زار مصر حيث توفى بالفسطاط . وقد حقق المسعودى اطلاعاً واسعاً على المؤلفات الجغرافية التى تيسرت له فى عهده ، ومن أجل ذلك فقد ذكر لنا موضوعات تتناول مؤلفات عدة لم يعد لها من بعده وجود . ويعتبر « مروج الذهب ومعادن الجوهر »




خريطة المسعودى

شكل ( ١١ )

تسجيلا لما اكتسبه المسعودى من خبرات . وفضلا عن هذا الكتاب العظيم فإن للمسعودى عدة كتب أخرى مثل : الاستذكار — التاريخ فى أخبار الأمم من العرب والعجم — التنبيه والإشراف — أخبار الزمان — المقالات فى أصول الديانات . وتعتبر خريطة المسعودى من أدق الخرائط العربية التى ظهرت لتحديد العالم المعروف فى ذلك الوقت . وكان يعتقد باستدارة الأرض وقد رسمها فى خريطته وقد اخترق سطحها خطان رئيسيان متعامدان؛ خط الاستواء ماراً بجزيرة سرنديب (سيلان) وخط الأرين ماراً بجزيرة زنجبار . وبالإضافة للعالم المعروف فقد كان يعتقد بوجود كتلتين من اليابس ، كتلة فى البحار الجنوبية وأخرى على الجانب الآخر من العالم المعروف وذلك للمساعدة على حفظ توازن الأرض .

وقد ظهر فى هذه الفترة نوع آخر من الخرائط هو أقرب إلى الكارتوجراما فقد كان نوعاً فريدا بالنسبة لخرائط ذلك العصر ، تلك هى خريطة ابن حوقل للعالم . وقد اعتمد أبو القاسم محمد ابن حوقل البغدادى الموصلى فى إنشاء خريطته على كتاب الإصطخرى . ويتضح لنا من دراسة خريطة ابن حوقل أن السواحل بها تظهر إما على شكل خطوط مستقيمة أو أقواس من دوائر . وتظهر الجزر والبحار الداخلية مثل بحر قزوين وبحر آرال على هيئة دوائر كامله . والخريطة كلها مرسومة بطريقة هندسية تخطيطية .

وأشهر صناع الخرائط العرب هو أحمد عبد الله بن إدريس الشريف . وقد تعلم الإدريسى فى قرطبة وذهب إلى صقلية حيث أقام بها . وقد أغدق عليه ملكها روجر الثانى هباته وعطاياه . وقد صنع له الإدريسى كرة أرضية من الفضة كتب عليها بأحرف عربية كل ما كان يعرفه من البلدان المختلفة . ولكن هذه الكرة قد فقدت . وقد سجل الإدريسى ما شاهده فى كتاب أطلق عليه اسم « نزهة المشتاق فى أخبار الآفاق » وقيل « اختراق الآفاق » . وكان هذا الكتاب عونا للجغرافيين الغربيين فى توسيع معارفهم ، كما كان عوناً للمستكشفين البرتغاليين فى القرن الخامس عشر على ارتياد الأماكن المجهولة . وكان الإدريسى يعتقد بأن « الأرض مدورة كتدوير الكرة ، والماء لاصق بها راكد عليها ركودا طبيعيا لايفارقها ، والأرض والماء مستقران فى جوف الفلك كالمحة فى جوف البيضة . . » . وقد احتوى كتاب الإدريسى على خريطة للعالم المعروف[1] . وقد صنع أيضا خريطة على شكل مستطيل من

(١) قسم الإدريسى العالم المعروف إلى سبعة أقاليم مناخية ثم جعل كل إقليم مقسما عشرة أقسام متساوية من الغرب إلى الشرق ، ثم إنه جعل لكل قسم من هذه الأقسام السبعين خريطة خاصة ، عدا الخريطة العالمية الجامعة . وهذه الخرائط السبعون محفوظة فى نسخ كتاب الإدريسى ، ومنها استخرج كونراد =

الفضة يبلغ أبعاده ١٤ × ١٠ أقدام ووزنه أربعمائة رطل رومى، فى كل رطل منها مائة درهم وإثنا عشر درهماً وهى فى ذلك تكاد تكون أكبر الخرائط القديمة فى العالم . وقال الإدريسى إنها تضمنت « صور الأقاليم ببلادها وأقطارها ، ومواقع أنهارها ، وعامرها وغامرها ، والطرقات والأميال والمسافات والشواهد .. » .

الجنوب




خريطة الإدريسى

( شكل ١٢ )

وقد استخدمت الألوان فى خرائط الإدريسى ، فظهرت البحار مرسومة باللون الأزرق بينما استخدم اللون الأخضر للأنهار واستخدم اللون الأحمر والبنى والأرجوانى للجبال ، أما المدن فقد رسمت بدوائر مذهبة .

وإذا كانت هناك بعض الأخطاء فى حساب المسافات والانحرافات فى خريطة الإدريسى

= ميللر خريطته المعروفة . وقد بذل المجمع العلمى العراقى عناية خاصة بخريطة الإدريسى ، فقارن بين خريطة « ميللر » والخرائط العربية فى نسخ الكتاب ، وأخرج من كل ذلك خريطة عربية بطول مترين وعرض متر فى سنة ١٩٥١ . أما خريطة الإدريسى التى نشرها ميللر فقد نشرت بالحروف اللاتينية وطبعت طبعة أنيقة ملونة فى سنة ١٩٢٨ .

فيجب ألا يغيب عن أذهاننا أن الإدريسى وضع كتابه وخريطته فى النصف الأول من القرن الثانى عشر ، وأن موت روجر وما أعقبه من قلاقل فى دولة النرمان فى صقلية لم تمكن الإدريسى أن يدخل على خريطته التعديلات الأخيرة الواجبة . والواقع أن الإدريسى كان يمثل وجهة النظر الغربية لدى العرب وطريقة تفكير العرب لدى الغربيين . ولذلك لم يكن غريباً أن يطلق على الإدريسى « استرابو العرب » .

ورغم تلك الجهود العظيمة فقد كانت إضافات العرب إلى فن الخرائط إضافات قليلة ، وقد أثارت بقلتها دهشة كل من درس الخرائط العربية . فقد جاب الرحالة العرب العالم المعروف من أسبانيا فى الغرب حتى بلاد الصين فى الشرق ومن روسيا شمالا حتى سواحل شرق إفريقية جنوبا . وقد كان من المفروض أن تمد هذه الرحلات العظيمة — التى لم يتسنى لأى أوربى معاصر لهم أن يقوم بها — صناع الخرائط العرب بمادة خام يمكن تحويلها إلى خرائط رائعة. ولكن يبدو أن العرب لم يكن لديهم المقدرة الفنية ليحولوا بيانيا حقائقهم المكدسة إلى خرائط وكان من نتيجة ذلك أن عجزوا إلى حد ما عن القيام بأية محاولة جريئة لتصحيح فروض الجغرافيا اليونانية القديمة .

ومهما يكن الأمر فقد جاءت خرائط العرب للجهات التى تخفق فوقها راية الإسلام أرق من خرائط بطلميوس ، وفضلا عن ذلك فهم أول من استخدم الخرائط فى تعليم الجغرافية بالمدارس .

## الخرائط البحرية فى العصور الوسطى :

توثقت الصلة بين الملاحة وفن الخرائط خلال العصور الوسطى. ولذلك كان أهم ما توصلت إليه العصور الوسطى فى فن الخرائط هو ظهور رسوم بورتولانو البحرية Portolano Chart. وأصل تلك الخرائط محاط بالغموض . ولكن من المؤكد أنها كانت خرائط بحرية صرفة ، فقد ظهرت هذه الخرائط أول الأمر بين بحارة جنوه والبندقية نتيجة إحساس الناس بحاجتهم وهم يخوضون مناطق ينعزل بعضها عن البعض كثيراً إلى خرائط ترشدهم إلى موانىء التجارة.

ولا شك أن اصل هذه الخرائط يرتبط برحلات العرب فى المحيط الهندى والشرق الأقصى ، كما يرتبط بظهور كثير من الربابنة العرب المحترفين الذين ذكرهم أحمد بن

ماجد[1] الملاح العربى العظيم فى أواخر القرن الخامس عشر الميلادى .

وعلى الرغم من استخدام العرب لرسوم بحرية مشابهة واستمرار استعمال هذه الرسوم البحرية التى أكدتها ملاحظات ماركو بولو الذى أقر أنه استقى معرفته بساحل سيلان والمياه المجاورة من الرسوم البحرية لملاحى هذه البحار، فلم يتح لهذه الرسوم أن ترى النور ، ولم يصل إلى أيدينا منها شىء .

وقد ظهرت خرائط بور تولانو على شكل خرائط منفصلة أو على شكل أطالس ، والنوع الأخـــير كان فى معظم الأحيان عبارة عن نشر الخريطة الأساسية مقسمة . كما كان يضاف إلى الأطلس تقويم زمنى وخريطة للعالم أو بعض البيانات الفلكية . وتعرف الخرائط البورتولانية عادة باسم راسميها . ولم يزد عدد الخرائط التى ظهرت خلال القرن الرابع عشر من هذا النوع على ١٢ خريطة .

وقد رسمت خرائط البورتولانو على قطع من الجلد الرقيق وكانت تتراوح مساحة الخريطة بين ٣٦ × ١٨ بوصة ، ٥٦ × ٣٠ بوصة. وقد بدأت هذه الخرائط بتوضيح المناطق المحيطة بكل من البحر الأســود والبحر المتوســـط مع التركيز على السواحــل وإهمــال كل تفاصيل عن الداخــل . ولــكن توالى الــكشوف الجغرافيــة كان يضيف بالتدريج إلى الخرائط الأساسية مناطق جديدة ، فبدأت تظهر منطقة شمال غرب أوربا ثم إفريقية ثم العالم الجديد . وكل نوع لاحق من هذه الخرائط كان ينقل الخريطة السابقة بنفس الدقة ثم يضيف إليها المناطق المستحدثة أى أن مركز الخريطة وهو منطقة البحر المتوسط كان يظل بدون تغيير فى جميع خرائط البورتولانو .

وتتميز خرائط البورتولانو ببعض السمات المشتركة ، أولها أنها جميعا تغطى منطقة واحدة هى منطقة البحر المتوسط والبحر الأسود وجزء من ساحــل أوربا ؛ المطــل على المحيط الأطلنطى .

وثانيها أن المناطق التى رسمت بدقة هى تلك المناطق التى كانت مجال نفوذ تجار البندقية وجنوة، فقد سيطر تجار البندقية على تجارة البحر الأسود ولاسيما المناطق المحيطة ببحر آزوف.

---

(١) فى نهاية القرن الخامس عشر وضع الملاح العربى المشهور شهاب الدين أحمـــد بن ماجـــد دليلا بحريا ( رهمانى ) ممتازاً استند فيه إلى خبرته الشخصية والكتب السابقة .

وثالث هذه السمات المشتركة بين خرائط البورتولانو هو نظام الخطوط System of lines التى تغطى الخرائط . فقد خلت خرائط البورتولانو من خطوط الطول والعرض ، واستبدلت بها شبكة من الخطوط كانت تغطى سطح الخريطة . وتتفرع هذه الخطوط من نقطتين أساسيتين فى شرق وغرب البحر المتوسط قرب حدود الخريطة وذلك فى جميع الاتجاهات . ويبلغ عدد هذه الخطوط ما بين ١٦ إلى ٣٢ خطا . أما فى الخرائط المتأخرة فكانت هذه الخطوط تتبع تقسيم البوصلة وتلتزم بتوضيح اتجاهات الرياح الرئيسية أى أنها كانت تشير إلى الاتجاهات الأصلية .

ويبدو أن هذه الخطوط لم تكن لها علاقة بعملية إنشاء الخريطة . فواضح من دراسة هذه الخطوط أنها كانت تضاف إلى الخرائط بعد رسمها بهدف مساعدة البحارة فى التعرف على طريقهم فى البحر .

ورابع هذه السمات المشتركة هو نظام مقياس الرسم Scale . فقد تقيدت هذه الخرائط إلى حد ما بمقياس رسم تقريبى ولكنه لم يكن محدداً . وكانت مشكلة القياس أن الوحدات القياسية داخل الخريطة الواحدة لم تكن واحدة . فقد توصل فاجنر إلى أن طول الميل الذى كان يستخدم فى تمثيل شرق البحر المتوسط لم يكن هو نفسه الذى استخدم فى تمثيل سواحل الأطلنطى فقد كان طول الميل فى الحالة الأولى يبلغ حوالى ٤١٠٠ قدم أو ثلثى الميل البحرى الحالى . أما فى الحالة الثانية فقد كان يبلغ حوالى ٥٠٠٠ قدم ، فكان من نتيجة ذلك أن ظهرت سواحل المحيط الأطلنطى أقصر من حقيقتها مما تسبب فى تشويه بعض معالم الخريطة .

كذلك اتفقت كل الخرائط البورتولانية من حيث استخدامها لألوان متشابهة فى توضيح مظاهر الخريطة الهامة . فقد رسمت خطوط السواحل فيها جميعا باللون الأسود الباهت ثم كتبت أسماء الموانىء والمعالم التضاريسية البارزة فى السواحل باللون الأسود أيضاً ولكن بطريقة تتعامد على خط الساحل ، أما الموانىء الهامة فقد كانت تكتب باللون الأحمر الذى لم يكن يشير فى هذه الحالة إلى أهمية تجارية أو عمرانية ولكن إلى سهولة الحصول من هذه الميناء على المؤن والماء العذب أما الجزر الصغيرة التى كانت توجد فى دالات الأنهار فكانت تكتب بلون بارز مثل الأحمر أو الذهبى .

كذلك اشتركت الخرائط البورتولانية فى إهمال التفاصيل الداخلية مثل الجبال والمدن والطرق والأنهار ، فقد ظهرت هذه التفاصيل أقل بكثير من الخرائط الكنسية ecclesiastical maps المعاصرة لها .

وقد ظهرت معظم خرائط بورتولانو على شكل أطالس يتكون كل منها من عدد من الخرائط يتراوح بين ٤ و ١٢ خريطة . ومعظم هذه الأطالس التي ظهرت على وجه الخصوص في القرنين الرابع عشر والخامس عشر كانت تشتمل على :

١ — خريطة للعالم بيضاوية الشكل غالبا .

٢ — مجموعة من الخرائط المحلية خرائط لبعض الموانئ أو لمناطق ساحلية صغيرة .

٣ — خرائط منفصلة للبحر الأدرياتي وبحر ايجة وأحيانا بحر قزوين .

٤ — خريطة للبحر المتوسط ( وهي أساسية في أطلس بورتولاني ) .

وفضلا عن هذا وذاك فقد تشابهت الأطالس البورتولانية في احتوائها على بعض التقاويم الملاحية — الفلكية Astronomical والتنجيمية Astrologicai معا — وأحيانا بعض جداول للدورات القمرية Lunar cycles . وهذه البيانات كانت بالنسبة لبحارة العصور الوسطى تقويما بحريا Nautical Almanac هاما .

ولكن بحلول القرن السابع عشر بدأت الخرائط البورتولانية في التدهور وظهرت الخرائط التي تعتمد في إنشائها على استخدام نظام خطوط الطول والعرض .

## تطور الخرائط في عصر النهضة :

يرجع معظم الكتاب نهضة الخرائط العالمية بعد العصور الوسطى الى ثلاثة أسباب رئيسية ساعدت على التطور السريع الذي طرأ على الخرائط في ذلك العصر وهي :

١ — إحياء « جغرافية » بطلميوس .

٢ — إستخدم الحفر والطباعة .

٣ — الكشوف الجغرافية العظيمة .

فقد ترجم كتاب «الجغرافية» لبطلميوس إلى اللغة اللاتينية للمرة الأولى سنة ١٤٠٥م . نتيجة جهود الإيطاليين لدراسة تراث اليونانيين والرومان ، وليس معنى هذا أن كتاب

بطلميوس كان فى حكم المفقود طوال هذة الفترة ، بل حافظ العرب على كتاب بطلميوس ومن طريقهم إنتقل الكتاب إلى الغرب خلال العصور الوسطى .

وقد احتوت جغرافية بطلميوس كما رأينا على بعض الأخطاء التى ظلت متداولة بين صناع الخرائط من بعده مئات السنين . فقد بالغ بطلميوس فى امتداد البحر المتوسط وظل هذا الخطأ شائعاً فى خرائط القرون الستة عشر التالية ، وقد اختصر مركيتور هذا الامتداد إلى ٥٣° فقط ولم يتم تصحيح هذا الامتداد فعلا إلا على يد الفلكى الكبير كبلر Kepler سنة ١٦٣٠ . وظهر بطول ٤٢° لأول مرة فى خريطة ديلسل Delisle سنة ١٧٠٩ . وقد استمر ظهور هذا الخطأ طوال تلك المدة الطويلة رغم أن العرب كانوا قد توصلوا إلى امتداده الحقيقى بدقة تدعو إلى الدهشة .

كذلك فمن الأخطاء البطلمية التى سادت الخرائط حتى عصر النهضة طريقة رسمه للأنهار الكبيرة التى كانت تنبع من وراء الصحراء الكبرى فى إفريقية .

من هنا نجد أن كثيراً من صناع الخرائط فى الغرب كانوا لا يجدون أدنى حرج فى متابعة بطلميوس . ولكن المتأخرين منهم اكتشفوا ضرورة تعديل خرائط بطلميوس ومن هنا ظهرت تلك السلسلة من الخرائط التى عرفت باسم « Tabulae Modernae » والتى كانت تضاف إلى الترجمات الحديثة لجغرافية بطلميوس . وأقدم هذه الخرائط خريطة اسكنديناوه والتى رسمها كلافوس Clavus الدنمركى ، فقد امتد كلافوس بخريطة بطليموس حتى النرويج وأيسلند والحدود الجنوبية لجرينلند . وكان هذا أول خروج كارتوجرافى بخريطة العالم القديم حتى هذه الحدود الشمالية .

وتوالت بعد ذلك تلك السلسلة من الخرائط التى صاحبت نشر كتابات بطلميوس فيما بين عامى ١٤٢٥ و١٤٦٠ حيث نشرت خرائط لكل من أسبانيا وفرنسا وإيطاليا ووسط أوربا . وقد بلغت معظم هذه الخرائط درجة كبيرة من الدقة .

أما السبب الثانى لتقدم الخرائط خلال عصر النهضة فكان التطور الكبير الذى طرأ على وسائل الحفر والطباعة . فقد كانت الخرائط حتى ذلك العصر ترسم باليد . وكان يوجد فى بعض مراكز الخرائط الكبيرة مثل البندقيه بعض المصانع التى كانت تستخدم

مجموعة كبيرة من الرسامين كانوا يتولون نقل الخرائط . ولهذا فقد كان عملهم يقتصر على إمداد الأمراء ورجال البحرية وبعض الجامعات بحاجتهم من الخرائط التى كانت أثمانها مرتفعة بالطبع .

ولكن بتقدم فن الطباعة أصبح من الممكن إنتاج آلاف الخرائط بنفس اللوح الذى يتم حفر الخريطة عليه ومن ثم أصبح ثمن لوح الحفر يقسم على كل هـــذه الآلاف من الخرائط بعد أن كان يتركز فى خريطة واحدة . وكانت عملية الحفر تتم أولا على الخشب ثم استبدل به النحاس . أما الألوان فكانت تضاف باليد بعد عملية الطبع نفسها . وقد اتسع نطاق استخدام الخرائط بعد ذلك حتى أن مؤسسات الخرائط فى امستردام والبندقية كانت تستخدم مئات العمال لحفر الخرائط .

أما السبب الثالث لهذا التطور الكبير فقد كان توالى الكشوف الجغرافية العظيمة التى أضافت الكثير عن امتداد العالم وصححت كل فروض صناع الخرائط فى هذا المجال . وكان توالى الكشوف الجغرافية ذاتها نتيجه عدة اكتشافات علمية أخرى كان أهمهـــا هو استخدام البوصـــلة ، والتطور الكبير الذى طرأ على شكل السفن المستخدمة فى الملاحة لاسيما فى هولندة والبرتغال .

وتعتبر خريطة جوان دى لا كوزا J·an de La Coza ( ١٥٠٠ ) أشهر خرائط هذه الفترة ، فقد بينت هذه الخريطة الأراضى التى اكتشفها كابرال فى البرازيل ، وتلك التى اكتشفها كابوت فى رحلته إلى كندا وكذلك الطريق التى اكتشفها فاسكو داجاما إلى الهنـــد .

وكانت خريطة فالدزيعولر Waldseemüller فى سنة ١٥٠٧ أول خريطة توضح بشكل محدد كلا من أمريكا الشمالية والجنوبية بشكل منفصل عن آسيا . وهذه الخريطة غنية فى تفاصيلها وقد طبعت على ١٢ لوحة مساحتها ٤½ × ٨ أقدام . وقد استخدمت الخريطة مسقطا جديدا يشبه إلى حد كبير مسقط بون Bonne . وقد ذكر فى الخريطة لأول مرة اسم « أمريكا » نسبة إلى الرحالة الفلورنسى أمريجو فسبوتشى Amerigo Vespucci ، فقد كتبه فالدزيعولر على أمريكا الجنوبية . ولم تتقبل كل الخرائط التالية هذا الإسم إلى أن استخدمه مركيتور وأطلقه أيضا على القارة الشمالية .

وفى ٨ سبتمبر سنة ١٥٢٢ وصلت إلى اشبيلية إحدى سفن ماجلان ووضعت بوصولها حداً لجغرافية بطلميوس حيث تم تحديد أمريكا فى مكانها الصحيح ثم تحديد مضيق ماجلان وكذلك عرف مدى اتساع المحيط الهادى .

وأول خريطة أشارت إلى هـــذا التطور الذى طرأ على الخرائط هى خريطة ريبيرو Ripero سنة ١٥٢٩ التى تعتبر نقطة بارزة فى تطور معرفتنا بالعالم وتمثيله على الخرائط . فقد غطت الخريطة المنطقة المحصورة بين القطبين كما ظهرت جزر الهند الشرقية عند طرفى الخريطة أى أن المحيطات كلها قد ظهرت فيها . ورغم ذلك فقد بولغ فى امتداد السواحل الشرقية لآسيا بحوالى ٢٠° جهة الشرق. وقد ظهر المحيط الهادى صغيرا إلى حد ما ، أما البحر المتوسط فقد ظهر دقيقا إلى حد كبير وإن كانت منطقة شمال شرق إفريقية قد ظهرت مشوهة . وقد ظهرت السواحل الشرقية للأمريكتين كاملة وكذلك السواحل الغربية لأمريكا الوسطى . والمنطقة التى يعود الفضل فى توضيحها إلى رحلة ماجـــلان هى المنطقة المحصورة بين مصب لابلاتا ومضيق ماجلان وكذلك بعض جزر الفلبين وساحل بورنيو الشمالى .

كرة مارتن بيهايم : Behaim's globe

تعتبر الـكرة الأرضية التى صنعها مارتن بيهايم أول كرة أرضية عرفها العالم . والظاهرة الأولى فى هذه الـكرة أنه بحـكم كونها كرة فقد افترض صانعها وجود محيط بين السواحل الشرقية لآسيا وسواحل أوربا الغربيـــة حيث أنه انتهـى من صنعها فى نفس السنة التى اكـتشف فيها كولمبس العالم الجديد . والظاهرة الثانيـة أن هناك احتمالا كبيراً بأن كل الحدود الخارجية للعالم المعروف فى كرته — باستثناء الساحل الأفريقى — قـد نقـل من الخرائط السابقة له . والظاهرة الثالثة أن صناع الخرائط المتأخرين قد حاولوا إدخال الـكشوف الجديدة على الإطار الذى وضعه بيهايم .

ويبلغ قطر كرة بيهايم ٢٠ بوصة ويظهر عليها خط الإستواء والمداران والدائرة القطبية وقد قسم خط الإستواء إلى ٣٦٠° . وكان بطلميوس يعتقد أن امتداد العالم المعروف يبلغ حوالى ١٧٧° حتى سواحل شرق آسيا المعروفة ثم أضاف إليها عددا من الدرجات لتمثل امتداد الصين . وقد تقبل بيهايم الـ ١٧٧° التى حددها بطلميوس ولـكنه أضاف إليها ٥٧° لتوضح امتداد السواحل الشرقية للصين . فبلغ امتداد العالم على هذا الأساس ٢٣٤° ولـكن الحقيقة أنه لم يـكن يزيد على ١٣١° .

وكان من نتيجة هذا الخطأ اختصار المسافة بين غرب أوربا وشرق آسيا إلى ١٢٦° بدلا من ٢٢٩° ، ولم يرد ذكر على الكرة لطول الدرجة . ولكن إذا كان بيهايم قد ذهب مذهب كولمبس فى اعتبار طول الدرجه ٥٦ ⅔ ميل فإنه قد وقع فى خطأ كبير .

المدرسة الإيطالية فى عصر النهضة :

صاحبت نهضة الخرائط فى إيطاليا النهضة التى أصابت بقية العلوم والفنون . وهناك عدة العوامل جعلت من إيطاليا مركز صناعة الخرائط فى هذا الوقت المبكر ؛ فإيطاليا تتمتع بمركز جغرافى ممتاز وسط العالم المتمدين ؛ وإذا أضفنا إلى ذلك تقدم صناعة السفن بها وشجاعة ملاحيها ، لم يبد غريباً بعد هذا أن يكتشف ماركو بولو الشرق الأقصى ويكتشف الإيطاليون كل الساحل الشرقى لأمريكا . فكولمبس من جنوة وفسبوتشى من فلورنسا وكابوت Cabot وفيرازانو Verrazono من البندقية .

وأشهر الخرائط التى ظهرت فى ذلك الوقت فى إيطاليا هى خرائط بورتولانو البحرية . كذلك طبعت « جغرافية » بطلميوس لأول مرة فى إيطاليا؛فى بولونيا سنة ١٤٧٧ وفى روما سنة ١٤٨٧ وفى فلورنسا ١٤٨٠ وفى روما مرة أخرى سنة ١٤٩٠ . وقد رسمت الخرائط فى هذه الطبعات — لا سيما تلك التى كانت تطبع فى روما — بدقة متناهية وتعتبر أمثلة رائعة للحفر على النحاس .

وقد شهدت العقود الوسطى من القرن السادس عشر نشاطاً كبيراً فى إنتاج ونشر خرائط منفصلة لكل أجزاء العالم المعروف ، وقد تركزت هذه الصناعة فى روما والبندقية كما قام بعض الناشرين بجمع بعض الخرائط المنفصلة وضموها جميعاً فى مجلدات موحدة فحافظوا بذلك عليها .

ولم تكن الخرائط الإيطالية كلها على درجة فنية واحدة . فالخرائط التى تمثل إيطاليا كانت دقيقة لأنها كانت تعتمد على أعمال مساحية جديدة أما البلاد الواقعة إلى الشمال أو أو القرب من جبال الألب فقد أعاد صناع الخرائط فى إيطاليا رسمها ، أحياناً بنفس القياس وأحياناً بعد تصغيرها .

وفى قمة هذا الانتعاش الفنى شهدت إيطاليا تطوراً بطيئاً ولكنه مستمر أدى إلى انحدار صناعة الخرائط بها . فقد شهدت هذه الفترة تحول طرق التجارة الأوربية من البحر المتوسط إلى المحيط الأطلنطى،ومن ثم فقد فقدت إيطاليا مركزها الجغرافى الممتاز وما تبع ذلك من فقدها للثروة .وتعتبر سنة ١٥٧٠ نقطة تحول فى صناعة الخرائط ، ففى شهر مايو من هذا العام أنتج

أورتيليوس Ortelius أول طبعة من أطلسه فى أنتورب بهولنده ولم يلبث أن ظهر بعـــده مركيتور ثم هنديوس Hondius ، وهـكذا بدأ إنتاج الخرائط يتحول تدريجيا من إيطاليا إلى الأراضى المنخفضة .

## المدرسة الهولندية فى عصر النهضة :

ظهرت فى هولنده فى الفترة من سنة ١٥٧٠ حتى سنة ١٦٧٠ مجموعة من أكبر صناع الخرائط فى العالم . وقد بدأت صناعة الخرائط فى أنتورب ثم انتقلت إلى أمستردام . وقـــد فاقت الخرائط الهولندية فى تلك الفترة كل الخرائط العالمية فى دقة التمثيل وروعة الألوان ، ولا يمـكن مقارنتها فى هذا المجال إلا بالخرائط الإيطالية المتقدمة وإن كانت هذه الأخيرة لا تصل فى عددها إلى مرتبة الخرائط الهولندية .

وفى مستهل القرن السابع عشر بدأت الخرائط فى هولندة تخطو نحو القمة ، فلم يقتصر الأمر على مجرد إنتاج الخرائط الصغيرة على أساس مساقط علمية صحيحة ولـكنهم توسعوا فى إنتاج الخرائط الـكبيرة وعلى نطاق واسع ، ولم يقتصر الناشرون الهولنديون خلال القرن السابع عشر على مجرد إنتاج هذا العدد الضخم من الخرائط ولـكنهم كانوا يعيدون طبـع الخرائط فى طبعات متتالية ، ولم يقتصروا على مجرد نشر الخرائط بالهولندية أو اللاتينية ولـكنهم نشروا الخرائط بـكل اللغات الأوربية الهامة فى طبعات منفصلة .

وقد كان لموقع هولنده المتـــاز بين كل القوى الرئيسية فى أوربا — إنجلترا وفرنسا وألمانيا — أثره فى جعلها سوقا للتبادل التجارى فيما بينها . كما أن نشاطها البحرى وتـكوين مستعمراتها فيما وراء البحار بعد أن استقلت سهل عليها جمع المعلومات الدقيقة عن العالم . ولهذا فإن إزدهار المـدرسة الهولندية فى الخرائط كان بحق العصر الذهبى للـكارتوجرافيا الذى ظهرت فيه أسماء مركيتور وأورتيليوس و دى جود و هنديوس و بلاذ كيوس و بلو Bloeu وجانسون وغيرهم من صناع الخرائط .

ويمـكن باستعراضنا بإيجاز لبعض أعلام المدرسة الهولندية أن نتبين السمات الأساسية للخرائط فى هولنده .

١ — أو تيليوس : ( Ortelius )

وقد ولد أبراهام أورتيل Abraham Ortel المشهور باسم أورتيليوس فى مدينة أنتورب سنة ١٥٢٧ وهو رسام أكثر منه كارتوجرافى . وقد درس اليونانية واللاتينية والرياضيات وفى سن العشرين اشتغل بتلوين الخرائط . وفى سنة ١٥٦٤ نشر خريطة للعالم فى ثمانى لوحات ، وتبعها فى سنة ١٥٦٥ بخريطة لمصر ، وفى سنة ١٥٦٧ بخريطة كبيرة لآسيا على لوحتين . وفى سنة ١٥٧٠ ظهر إنتاجه العظيم « أطلس العالم كله Theatrum Orbis Terrarum » وظهور هذا الأطلس يمثل نقطة هامة فى تاريخ الخرائط . فقد كان أول تجميع منظم لخرائط لمختلف أقطار العالم على أساس دراسات معاصرة بعيدا عن خرائط بطلميوس ، ويمكن إعتباره على هذا الأساس أول أطلس حديث فى العالم . وقد كان نشر هذا الأطلس نقطة بداية تحول صناعة الخرائط من إيطاليا إلى هولندة .

وقد نال هذ الأطلس شهرة كبيرة حتى لقد أعيد نشره أربع مرات فى سنته الأولى ، كما أنه قد نشر ٤٢ مرة فى الفترة ما بين سنة ١٥٧٠ وسنة ١٦١١ . وقد تم تصغير خرائطه ونشرت هـــذه الخرائط المصغرة ٣١ مرة فى الفترة ما بين سنة ١٥٧٦ وسنة ١٦٩٧ . وكانت هـده النشرات تظهر باللاتينية والهولنـدية والألـمانية والفرنسية والأسبانية والإنجليزية والإيطالية .

وقد احتوت الطبعة الأولى من هذا الأطلس التى صدرت فى العشرين من شهر مايو سنة ١٥٧٠ على ٧٠ خريطة فى ٥٣ لوحة . وقد أضيفت إلى هذه المجموعة عدة خرائط أخرى فى خمس طبعات تالية فى السنوات الآتية : ١٥٧٣ ( ١٧ خريطة ) ، ١٥٧٩ ( ٢٣ خريطة ) ١٥٨٤ ( ٢٣ خريطة ) ، ١٥٩٠ ( ٢٢ خريطة ) وفى سنة ١٩٥٥ ( ٢٣ خريطة ) . وقـد اشتملت الطبعة الأولى من هذا الأطلس على خريطة للعالم وأربع خرائط للقارات و٢٦ خريطة لأوربا و٦ خرائط لآسيا و٣ خرائط لإفريقية .

٢ — دى جود : ( De gode )

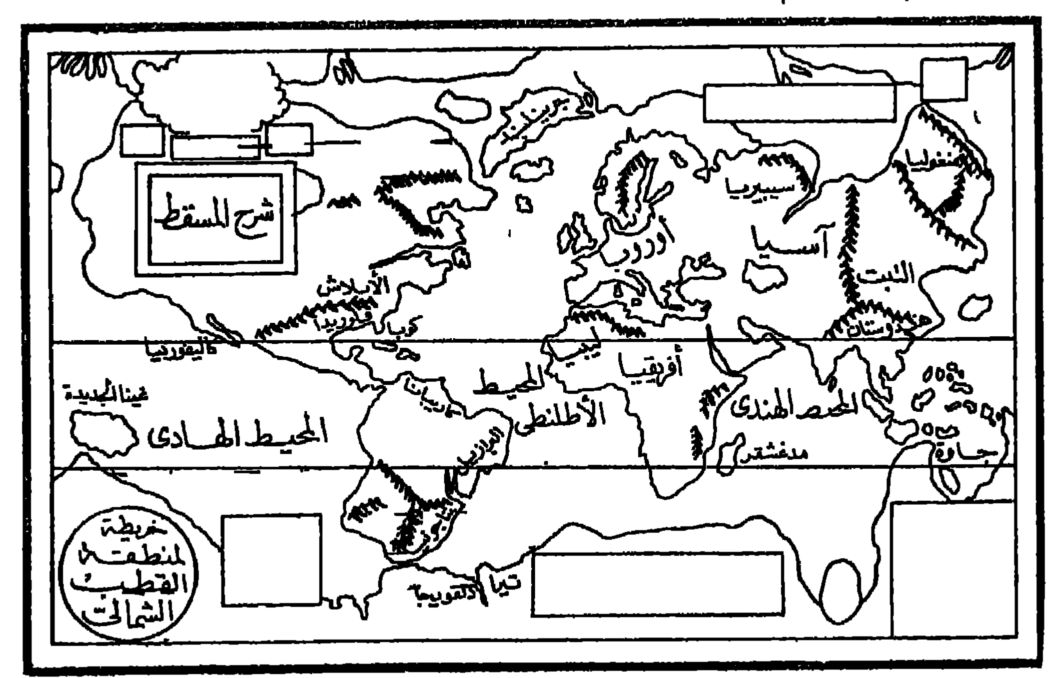
ولد جيرار دى جود سنة ١٥٠٩ وبدأ إنتاجه فى الخرائط فى وقت مبـكر . ومنذ سنة ١٥٥٥ قام بنشر خرائط كبيرة لمنطقة برابانت Brabant وخريطة للعالم ولأوربا والبرتغال ،

ثم نشر فى سنة ١٥٦٩ سلسلة من الخرائط لألمانيا . وقد دار فى خلد دى جود أن ينشر أطلسا كبيراً ولكن أورتيليوس سبقه فى التنفيذ . ورغم ذلك فقد نشر دى جود أطلساً أطلق عليه اسم Speculum Orbis Terrarum » وذلك فى سنة ١٥٧٨ .

وينقسم أطلس دى جود إلى قسمين رئيسيين : يشتمل القسم الاول منهما على ٢٧ خريطة لمختلف مناطق العالم ، أما القسم الثانى فيتكون من ٣٨ خريطة لاقاليم الإمبراطوريه الجرمانية . ولم يظهر من الطبعة الأولى سوى ١٢ نسخة . وقد فاقت خرائطه فى بعض أجزائها خرائط أورتيليوس . وقد أعيد طبع الأطلس ونشره سنة ١٥٩٣ بعد أن راجعه ابنه كورنيليوس Cornelius وزاد خرائطه إلى ٨٣ خريطة .

٣ — مركيتور : ( Mercator )

ولد جيرار مركيتور — أكبر كارتوجرافى بعد بطاميوس — فى ٥ مارس سنة ١٥١٢ فى مدينة ريبلموند Repelmonde . وفى سنى عمره المبكرة بدأ فى الاشتغال بالخرائط . وقد رسم قبل أطلسه الكبير مجموعة كبيرة من الخرائط المنفصلة بدأت فى سنة ١٥٣٧ بخريطة لفلسطين ، وفى السنة التالية نشر خريطة للعالم . وفى سنة ١٥٤٠ نشر خريطة للفلاندرز ، وفى السنة التالية صنع كرة أرضية . وفى سنة ١٥٥٤ صنع خريطة كبيرة لأوربا ثم خريطة لبريطانيا فى ١٥٦٤ ثم خريطة للعالم فى سنة ١٥٦٩ . وأخيرا أعاد نشر خريطة أوربا معدلة فى سنة ١٥٧٢ .




رسم تخطيطى لخريطة مركيتور للعالم سنة ١٥٦٥ م

( شكل ١٣ )

وفى سنة ١٥٨٥ ظهر أعظم إنتاج مركيتور وهو الجزء الأول من أطلسه العظيم . وقد ظهرت كلمة أطلس Atlas لأول مرة فى هذا الإنتاج حيث قصد بها مركيتور مجموعة خرائط وقد تقبلها كل الجغرافيين فيما بعد . وقد قسم الأطلس إلى ثلاثة أجزاء اشتمل الجزء الأول منها على ٥١ خريطة لفرنسا وبلجيكا وألمانيا ، أما الجزء الثانى فقد ضم ٢٣ خريطة لايطاليا واليونان ونشر هذا الجزء فى سنة ١٥٩٠ ، أما الجزء الأخير فيتكون من ٣٦ خريطة ونشر فى سنة ١٥٩٥ . وقد أعيد نشر هذا الأطلس إبتداء من سنة ١٥٨٥ حتى سنة ١٦٤٢ سواء بأجزائه الثلاثة أو لجزء منها خمسين مرة .

ولم يحرز أطلس مركيتور شهرة كبيرة فى حياته بسبب أطلس أورتيليوس الذى ظهر كاملا مرة واحدة بعكس أطلس مركيتور الذى ظهر على أجزاء اعتبر كل جزء منها أطلسا صغيرا لمنطقة معينة من العالم . ولم ينل الأطلس شهرة عظيمة إلا خلال القرن السابع عشر ، بعد أن اشترى هنديوس لوحات الطباعة من مركيتور ، وأعاد نشر الأطلس مرة واحدة بعد أن أضاف إليه ٣٦ خريطة جديدة .

## ٤ — هنديوس : ( Hondius )

ولد جودوكس هنديوس فى سنة ١٥٦٣ ، وهاجر إلى لندن وهو فى سن الثامنة والثلاثين حيث عمل بصناعة حفر الخرائط ، ثم عاد إلى امستردام سنة ١٦٠٠ . وقد نشر فى سنة ١٦٠٦ نسخة رائعة من أطلس مركيتور بعد أن أضاف إليه ٣٦ خريطة كما ذكرنا . وقد توفى هنديوس فى سنة ١٦١١ وتابع إبنه هنرى Henry عمله فى نشر وتجديد أطلس مركيتور — هنديوس . وفى سنة ١٦٣٥ ظهر اسم جانسون Jan Jansson بجوار اسم هنرى هنديوس فى الطبعة الأخيرة من الأطلس .

## المدرسة الفرنسية فى عصر النهضة :

وصلت دلائل النهضة الكبرى إلى فرنسا فى منتصف القرن السادس عشر . وقد إقتصرت جهود الفرنسيين فى البداية على خرائط بورتولانو البحرية التى اعتمدت على أرصاد بحارة الهافر Le Havre وديب Dieppe ، لا سيما دليز Desliens ( ١٥٤١ ) وديسلييز Descelie!s ( ١٥٤٦ ) وفالار Vallard ( ١٥٤٧ ) .

ولكن أشهر صنـــاع الخرائط فى فرنسا فى القرن السادس عشر هو أورنس فين Oronce Fine الذى ولد فى بريانسون Briancon فى سنة ١٤٩٤ . وقد نشر فى سنة ١٥١٩ خريطة للعالم أهداها للملك فرنسيس الأول . ورسم فى سنة ١٥٣١ خريطة أخرى للعــالم على مسقط مختلف ونشرت هــذه الخريطة فى باريس فى سنة ١٥٣٢ ، وأعيد نشرها عدة مرات حتى لقد استخدمها مركيتور نفسه فيما بعد .

وظهرت أول سلسلة لخرائط عن أقاليم فرنسا المختلفة فى أطلس Theatrum أورتليوس فى ١٥٧٠ حيث ظهرت سبعة أقاليم فرنسية زادها أورتيليوس فى سنة ١٥٧٩ إلى عشرة . كما نشر دى جود فى أطلسه فى سنة ١٥٧٨ سبع خرائط لفرنسا .

وكل هذه الخرائط كانت الأساس الذى أنشأ عليه موريس بوجيرو Bouguereau أول أطلس فرنسى فى تور Tours فى سنة ١٥٩٤ تحت عنوان Le Théatre Francois . وكان هــذا الاطلس هو الاساس الذى اعتمدت عليه الاطالس الفرنسية التــالية وكذلك أطلس ساكستون Soxton فى انجلترا .

وقد أعاد جون لوكلارك Le Clerc نشر خرائط بوجيرو بعد تنقيحها تحت عنوان Thèatre gèographique du Royaume de France . وقد قام ملشيور تافرنير Tavernier فى سنة ١٦٣٤ بنشر أطلس بالعنوان السابق ذاته .

وقد بدأ القرن السابع عشر فى فرنسا بخريطة دقيقة كبيرة لفرنسا رسمها فرانسواجيوتيير Juillotiere ، وأهداها للملك لويس الثامن فى سنة ١٦١٢ أو ١٦١٣ .

وبحلول القرن السابع عشر بدأت نهضة المدرسة الفرنسية فى الخرائط بواسطة نيقولا سانون Nicolas Sanson الذى أسس ما عرف باسم « المدرسة الفرنسية » فى الخرائط والذى جعل مركز إنتاج الخرائط فى العالم ينتقل منذ منتصف القرن السابع عشر — من هولنــدة إلى فرنسا حيث سادت تعاليم المدرسة الفرنسية حتى نهاية القرن الثامن عشر .

وقد ولد نقولا سانسون فى مدينه أبفيل Abbeville فى سنة ١٦٠٠ . وقــد واصلت أسرة سانسون حمل رسالتة فى الخرائط فقد تبعه أبناؤه الثلاثة : نيقولا وجيوم وأدرين ،

وكذلك زوج ابنته بيير دوفال Duval ، وحفيده Gilles Robert de Vougondy وابن حفيده Didier Robert de Vougondy ، وهى أشهر أسرة عملت فى الخرائط على الإطلاق .

وقد نشرت هذه الأسرة مجموعة كبيرة من الأطالس وخرائط الطرق والأنهار فى فرنسا ومجموعة كبيرة من الخرائط التاريخيه . وقد ظهر بجانب هذه الأسرة اسم آخر هو ألكس هوبير جايو Jaillot الذى قام بشراء لوحات الأطلس من جيوم سانسون وأضاف اليها التعديلات التى رأى إدخالها عليها .

وبوجه عام فقد شابهت خرائط آل سانسون الخرائط الهولندية ولكنها فاقتها من الناحية العلمية .

المدرسة الإنجليزية فى عصر النهضة :

ظهرت فى انجلترا خلال حكم الملكة اليزابيث بعض الجهود الكارتوجرافية الملحوظة . وقد شابهت الخرائط الإنجليزية فى هذا العصر الخرائط الهولندية . ورائد الكارتوجرافيا الانجليزية فى تلك الفترة هو كريستوفر ساكستون Christopher Saxton الذى كان أهم إنتاجه أطلس لانجلترا نشر فى سنة ١٥٧٩ .

وقد ظهرت خريطة هامة للعالم اعتمدت غالبا على كتاب إدوارد رايت Edward Wright بعنوان « Certain Errors of Navigation » الذى كان بمثابة ثورة فى العلوم البحرية ، وقد رسمت هذه الخريطة على أساس مسقط مركيتور .

وفى سنة ١٦٤٦ نشر السير روبرت دادلى Dudley أول أطلس بحرى فى انجلترا بعنوان Arcano del Mare وقد طبع فى ايطاليا .

ومن الخرائط التى تثير الانتباه خرائط جون اوجلبى Ogilvie فقد نشرت على شكل أطلس للطرق ولم تستخدم هذه الطريقة فى بريطانيا قبل ذلك إلا فى خريطة ماتيوبارى Matthew Paris خلال الحروب الصليبية .

وفى نهاية القرن السابع عشر ظهر فى بريطانيا اسمان عظيمان هما الكابتن جرينفيل كولنز Greevile Collins الذى نشر مجموعة كبيرة من الخرائط البحرية ( ٤٨ خريطة ) لانجلترا

تحت عنـــوان Great Britain's Coasting Filo. فى سـنة ١٦٩٣ ، وأدمـوند هالى Edmond Halley الذى كان أول من اخترع الخرائط المتيورولوجية إذ قام بنشر أول خريطة متيورولوجية فى سنة ١٦٨٨ .

## الخرائط الأوربية فى القرن الثامن عشر :

بدأت المدرسة الهولندية فى الخرائط تأخذ طريقها نحو الانحدار بينما انتقل مركز الخرائط فى العالم الى فرنسا فى القرن الثامن عشر ويرجع اختلاف السمات الأساسية بين هاتين المدرستين الى الاختلاف فى المظاهر الثقافية للفريقين اللذين ازدهرت فيهما الخرائط .

فقد كان الدافع لصناعة الخرائط فى هولندا هو الربح ونتيجة لهذا تميزت صناعة الخرائط فيها بالسرعة والاهتمام بالشكل ، وقد دعت سرعة إنتاج الخرائط الى استخدام الواح الطباعة القديمة بدلا من استخدام الواح جديدة تضاف اليها باستمرار كل الكشوف الجغرافية التى توالت فى هذه الفـــترة . أما القيـام بدراسات نقدية وأعمال مساحية واسعة فلم يكن أمرا مربحاً .

أما صناع الخرائط فى فرنسا فقد كانوا من طبقة لا تسعى الى الربح بل الى العلم إذ كان معظمهم من رجال البلاط الملكى أو أعضاء فى أكاديمية العلوم ، فكان هدفهم الأساسى هو الشهرة العلمية وليس الربح المادى .

وقد ارتكزت الخرائط الجديدة على أجهزة جديدة . واكتمل نظام شبكات المثلثات وظهر فى نهاية هذا القرن جهاز التيودوليت . كما أن الأكاديمية الفرنسية أعادت تحديد الأطوال المستخدمة فى القياس وأعيد على هذا الاساس رسم خريطة للعالم تعتبر من الملامح البارزة فى تاريخ الخرائط فى العالم . وقد رسمها كاسينى Cassini فى سنة ١٦٨٢ وكان من نتيجتها أن ظهرت فرنسا أصغر مساحة مما ظهرت فى خريطة سانسون ،حتى لقد لفت الملك لويس الرابع عشر نظر كاسينى الى أن هذه الخريطة قد أخذت من فرنسا أكثر ممـا أضافه الملك اليها خلال غزواته العديدة .

وأشهر صناع الخرائط فى بداية القرن الثامن عشر هـو ديليل Guillaume Delisle وترجع شهرته الى بعض الاخطاء التى وقع فيها ونقلها عنه صناع الخرائط فيما بعد كحقائق

مسلم بها ، فقد اختصر طول البحر المتوسط عن حقيقته وقام بتعديل خريطة كاليفورنيا فأظهرها على شكل جزيرة ، رغم أنها كانت قد ظهرت فى خرائط مركيتور ومعاصريه على شكل شبه جزيرة ، وإن كان قد عاد فى سنة ١٧٠٠ وأظهرها على شكل شبه جزيرة بعد رحلة الاب كينو Kino اليها .

وأهم الاطالس التى ظهرت فى تلك الفترة هو ذلك الاطلس الذى نشره جيل Gilles وديديه dier والذى اشتهر بمقدمته التاريخيه التى اشتملت على تاريخ الجغرافية فى ٣٣ لوحة . أما فى انجلترا فقد بدأ التوسع فى إنتاج الخرائط فى هذا القرن ، فقد أصبحت انجلترا أقوى قوة بحرية فى أوربا . ومع زيادة سلطانها فيما وراء البحار وما تبعه من زيادة الثروة والرخاء ، زاد الطلب على الخرائط وأصبحت لندن مركزاً لصناعة الخرائط يفوق أمستردام وينافس باريس . وإن كان بعض هذا التقدم راجع إلى هجرة بعض صناع الخرائط من باريس واستقرارهم فى لندن .

والواقع أن الخرائط الإنجليزية لم تكن تختلف عن الخرائط الفرنسيـــة فى كثير من المظاهر بل إن الكثير منها قد نقل عن الفرنسية بشىء طفيف من التعديل أو بدون تعديل على الإطلاق .

ويعتبر النصف الثانى من القرن الثامن عشر بحق العصر الذهبى للخرائط الإنجليزية ، ولا يمكننا هنا أن نستعرض تفاصيل الجهود الإنجليزية فى هذه الفترة لضيق المجال ، فضلا عن أن جهود الأمريكيين والإنجليز قد تداخلت فى هذه الفترة التى كانت الخرائط الأمريكية فيها تطبع فى لندن .

ولم تلق الخرائط الألمانية فى هذا القرن عناية كافية ، إذ لم تكن هناك حكومة مركزية ، فقد كانت ألمانيا مقسمة إلى عدة ولايات صغيرة تتنازع بروسيا والنمسا السيطرة عليها ، ولذلك فلم يهتم بشئون الخرائط الألمانية إلا بعض أمرائها . وقد انحصرت المنافسة فى ألمانيا على بيتين من بيوت الخرائط هما : هومان Homann فى نورنبرج وساوتر Sautter فى أوجزبرج Augsburg.

وفضلا عن هـــذا فقد كانت هناك بعض محاولات فردية لإنشاء عدة خرائط لألمانيا لم ينشر معظمها وإنما حفظت على شكل مخطوطات فى قصور ملوك بروسيا . وقد جمعت كل هذه الجهود الفردية فى أطلس ضخم نشره جيجر Jaeger فى سنـــة ١٧٨٩ تحت عنوان :
« Grand Atlas d' Allemagne»

أما إيطاليا فقد اهتم أمراؤها أيضاً بشئون الخرائط خلال هذا القرن . ويعتبر Rizzi Zannont ( ١٧٣٤ — ١٨١٤ ) أكبر الأسماء التي ظهرت في إيطاليا خلال هذا القرن . وقد عمل في صناعة الخرائط في بولنـــدة وألمانيا وانجلترا وفرنسا قبل أن يستقر به المقام في بلاط نابلي .

المدرسة الأمريكية في الخرائط :

بدأ الاهتمام بالخرائط الأمريكية منذ أن وضع كولمبس قدمية في العالم الجديد . وقـــد صنعت الخرائط الأمريكيـة الأولى في عواصم الخرائط الأوربيـة . ولـكن أخذت فـكرة صنع خرائط في العالم الجديد تظهر لتغطية حاجة المستعمرين الجدد إلى خرائط لهذه الأرض الجديدة . وتعتبر خريطة نيوانجلند التي نشرها جون فوستر John Foster في بوسطن في سنة ١٦٧٧ أول خريطة ترسم وتطبع وتنشر في أمريكا . ورغم بساطتها التناهية فقد اعتبرت محاولة ناجحة ظهر فيها مدى اهتمام المستعمرين الجدد بشئون الخرائط .

ومن هذه الخرائط الأولية التي ظهرت في العالم الجـــديد تلك الخريطة التي نشرها بونر برايس Bonner – Price لمدينة بوسطن ( ١٧٢٢ ) والتي أعطتنا طبعاتها الـ بع التي ظهرت حتى سنة ١٧٦٩ فـكرة عن تطور المدينة .

وكان طبيعيا أن تقوم نهضة الخرائط الأمريكية على عاتق المستعمرين الأوربيين قبل أن يستقل الأمريكيون بشئون بلادهم . حتى لقد أصبحت « الخرائط الاستعمارية Colonial Cartography ( أي التي قامت نتيجة جهود المستعمرين ) مرحلة متميزة في تاريخ الخرائط الأمريكية .

وقد بلغت جهود المستمرين أوجها في منتصف القرن الثامن عشر . وأهم خريطة ظهرت في تلك الفترة هي الخريطة التي نشرها لويس إيفانز L. Evans تحت عنوان The Middle , British Colonies 1755 » . وقد قام جيمس ترنر J. Turner بحفر هذه الخريطة على النحاس حيث ضارعت في دقتها كل الخرائط الأوربية المعاصرة لها . وأعيـد نشر خريطة ايفانز ٢٦ مرة وقد أثرت في معظم الخرائط الامريكية التالية لها .

وتعتبر خريطة جون ميتشل J. Mitchell التي نشرها في سنة ١٧٥٥ « للمستعمرات

البريطانية والفرنسية فى أمريكا الشمالية » جهداً رائعاً يقف على قدم المساواة مع خريطة ايفانز . وقد طبعت هذه الخريطة فى لندن. وترجع أهميتها إلى أنها قد استخدمت فى مؤتمر السلام فى باريس فى سنة ١٧٨٣ حيث تم تخطيط حدود الجمهورية الجديدة عليها ، فقد كانت هذه الخريطة مليئة بالتفاصيل .

وفى خلال ربع القرن الذى تلى قيام الثورة قام الجيش البريطانى بعمل مجموعة كبيرة من الخرائط التفصيلية . كانت بمثابة الأساس الذى قامت عليه الخرائط الأمريكية فيما بعد . وقد نشر بعض هذه الخرائط فى لندن فيما بعد بينما بقى معظمها مخطوطاً .

وفى هذا الوقت الذى تم فيه توقيع معظم ساحل المحيط الأطلنطى لم يسجل ساحل المحيط الهادى فى أمريكا الشمالية فى خرائط . ولكن اكتشاف مضيق برنج فى سنة ١٧٢٨ ثم ألاسكا فى سنة ١٧٤١ مكن من ظهور بعض التفاصيل فى خريطة دليل — بواش - Dellisle Buache فى سنة ١٧٥٢ . ولكن قبل نهاية القرن قامت الحكومة الإسبانية بجهود كبيرة لاكتشاف كاليفورنيا ثم الساحل الشمالى الذى كان آخر المناطق التى استقرت فيها جموع المهاجرين من أوربا .

وباستقلال الولايات المتحدة الأمريكية بدأ الاستقلال البطىء للخرائط الأمريكية عن نفوذ الأوربيين . وبدأت الولايات المكونة للدولة تهتم بإنشاء خرائط تفصيلية لها بمقياس رسم يتراوح بين بوصة لكل ميلين وبوصة لكل ثمانية أميال . ولم تعتمد هذه الخرائط على شبكة من المثلثات ( تتلافى تأثير ظهور كروية سطح الأرض على اللوحات المسطحة ) وإنما قامت على أساس الأجهزة المساحية العادية . أما الولايات الغربية فقد تمت مساحتها بسرعة كبيرة وبدقة قليلة تحت ضغط الحاجة إلى المزيد من الخرائط لمواجهة حركة التعمير بها .

وتعتبر خريطة جون فيتش Fitch أول مجهود خاص لإنشاء الخرائط ، فقد قام بنشر خريطة للولايات الشمالية الشرقية . كما قام آبل بويل Abel Buell بنشر خريطة للولايات المتحدة الامريكية ( ١٧٨٩ ) كانت أول خريطة يرسمها ويحفرها ويطبعها وينشرها أحد رعايا الولايات المتحدة الامريكية . كذلك كان أول أطلس نشر فى الولايات المتحدة هو أطلس The American Pilot الذى حفر خرائطه على النحاس جون نورمان Norman فى سنة ١٧٩٢ وقد تضمن خرائط الساحل الاطلنطى للولايات المتحدة .

وقد حاول كثير من الناشرين بعد ذلك إنشاء أطالس على نمط هذا الاطلس . فنشر ماتيو كارى Matthew Carey فى سنة ١٧٩٤ أطلسا فى كاليفورنيا وأعيد نشره فى سنة ١٨٢٢ . وتميزت كل هذه الاطالس بصغر حجمها فضلا عن أن اللوحات الخاصة بالأقطار غير الامريكية قد نقلت من الخرائط الاوربية .

وبحلول الربع الثانى من القرن الماضى بدأت هذه الجمهورية الوليدة تدعم استقلالها السياسى والثقافى أيضا . وقد زاد الطلب على الخرائط بشكل لم يسبق له مثيل . فقد كانت حدود الدولة تتقدم عاما بعد عام وتوالى إنشاء الطرق والخطوط الحديدية وشق القنوات وأصبحت الحاجة إلى الخرائط ماسة . فتضافرت جهود الحكومة الاتحادية والولايات والجيش والبحرية على إنشاء خرائط دقيقة وتفصيلية لمختلف أجزاء الدولة ، لقد اعتبرت هذه الفترة بحق العصر الذهبى للخرائط الامريكية .

وظلت فيلادلفيا مركز صناعة الخرائط خلال هذه الفترة ، ولكن شاركتها فى هذا الإهتمام مدن نيويورك وبوسطن وبلتيمور أيضاً . وقد نشر فى خلال سنتين ( ١٨٢٢ — ١٨٢٤ ) مالا يقل عن سبعة أطالس كبيرة بلغ بعضها القمة فى الإخراج الفنى ، وقد خلت خرائطها من الداخل من أية رسوم زخرفية كما استخدم الهاشور فى تمثيل الجبال .

وظهر خلال هذه الفترة اسم هنرى تانر Tanner كأعظم كارتوجرافى فى الولايات المتحدة وقد نشر أطلسا ممتازاً فى سنة ١٨٢٣ بعنوان New American Atlas جمع فيه كل الخرائط التى أصدرتها الحكومة الاتحادية والولايات بعد تصغيرها إلى مقياس مناسب ، ثم أضاف إليها مجموعة أخرى من الخرائط رسمها بنفسه ورأى أن يكمل بها أطلسه . وقد أضاف إليه ملحقاً بعنوان Memoirs لخص فيه كل أعمال الكشف والمساحة والخرائط فى الولايات المتحدة .

وبتوالى الكشوف الجغرافية فى القارة ذاتها ظهرت خرائط جديدة لمنطقة الحوض العظيم فى غرب القاره والتى نشرها بونفيل Bonneville من سنة ١٨٣٢ إلى ١٨٣٥ ، كما أن وولكر J. P. Walker قام فى سنة ١٨١٠ بنشر خريطة يوضح فيها ثلاثة أنهار تنحدر من جبال روكى وقد ظهر فى خريطته جزء من الساحل الغربى لكاليفورنيا .

وفى النصف الاول من القرن الماضى ظهر اختراع جديد غير كل النظم المستخدمة فى

إنتاج الخرائط . فقد اخترعت الطباعة الليثوغرافية فى ألمانيا فى سنة ١٧٩٨ وأصبحت هى الوسيلة الرئيسية لإنتاج الخرائط . وأول من استخدم هـذه الطريقـة الحديثة فى الولايات المتحدة كان وليام بندلتون W. Pendelton فى بوسطن (١٨٢٧) .

وبإنتشار الطباعة الليثوغرافية بدأ صنائع الخرائطت فى الولايات المتحدة نشر أطالس للمقاطعات County Atlases وقد ظهرت أول الامر فى نيويورك فى بداية العقد السادس من القرن المـاضى على يد وليام ستيوارت W. Stewart ثم انتقلت من نيويورك الى فيلادلفيا وشيكاغو . وقد ظلت هذه الاطالس تظهر حتى بداية هـذا القرن ، ولـكن بتقدم الصناعة وتطور المدنية Urbanization فقدت هذه الاطالس قيمتها .

وقد برز فى النصف الثانى من هذا القرن اسم هنرى والنج H. F. Walling كأعظم كارتوجرافى أمريكى . وقد نشر والنج الذى كان يعمل أستاذا للهندسة فى كلية لافاييت Lafayette College أكثر من عشرين أطلساً للولايات الامريكية .

وقام الجيش الامريكى منذ منتصف القرن التاسع عشر بإرسال البعثات المتتالية لمسح المناطق الواقعة غرب روكى . وقد توصلت هذه البعثات إلى نتائج عظيمة رغم تهديد الهنود الحمر لهم باستمرار . ولـكن قيام الحرب الأهلية أوقف هذه الجهود بصفة مؤقتة . وقد قام أربعة(١) من كبار المساحين بوضع خرائط لمئات الآلاف من الأميال المربعة فى الغرب . ولـكن — رغم جهودهم العظيمة — ثبت عدم قدرة الجهود الفردية على وضـــع خرائط تفصيلية لغرب الولايات المتحدة . ومن هنا ولدت الحاجة إلى إنشاء هيئة رسمية تتولى أعمال الخرائط فأنشئت فى سنة ١٨٧٨ المساحة الجيولوجية U. S. Geological Survey التى تتولى جميع شئون الخرائط فى الولايات المتحدة .

واتسع نطاق الخرائط الامريـكية فى القرن العشرين لا سيما بعد التوسع فى استخدام المساحة الجوية التى سهلت موضوع إنشاء خرائط تفصيلية دقيقة للمناطق المتضرسة . واتسعت الأغراض التى استخـدمت فيها الخرائط فظهرت خرائط للـتربة وخرائط للطقس والمناخ ولمختلف فروع العلم .

---

(١) هؤلاء الأربعة هم : Hayden — Powell — Wheeler — King .

وقد أنشئت الجمعية الجغرافية الامريكية بنيويورك فى سنة ١٨٥٢ ،وتولت إنتاج مجموعة من الخرائط الدقيقة . وأعظم ما قامت به هو نشر نصيب الولايات المتحدة من خريطة العالم المليونية ( التى سنذكر تفاصيل تطور إنتاجها فيما بعد ) ، كما لا يمكن إنكار جهود الجمعية الجغرافية القومية فى واشنطن فى إنشاء العديد من الخرائط .

## الخرائط فى العصر الحديث :

تميزت صناعة الخرائط منذ بداية القرن التاسع عشر بظاهرتين أثرتا فى تقدم الخرائط : الاولى هى القيام بعمليات مساحية منظمة تشرف عليها الحكومات . وقد تركزت هذه العمليات فى قارة أوربا،وبعض بلدان آسيا مثل الهند واليابان وجزر الهند الشرقية ، وكذلك فى الولايات المتحدة وكندا ومصر . ورغم ذلك فقد سارت هذه الجهود ببطء شديد وظلت مناطق كثيرةمن سطح الارض تفتقر إلى خرائط متوسطة المقياس . وفى هذه المناطق اعتمد صناع الخرائط على جهود بعض الهيئات غير الرسمية ، مثل هيئات السكك الحديدية وشركات النقل البرى وشركات التعدين،وغيرها من الهيئات التى اضطرت إلى القيام ببعض الأعمال المساحية الضرورية لها ، كما أن المساحة الجوية السريعة ساعدت — ولاسيما خلال الحرب العالمية الثانية — على سد هذا الفراغ بصورة جزئية .

أما الظاهرة الثانية التى تميزت بها الخرائط فى هذا العصر فهى ذلك التوسع الكبير فى إنشاء الأطالس والتوسع فى استخدام الخرائط لخدمة الجغرافية الطبيعية والبشرية ، وكذلك الاستفادة من الخرائط فى مجال الحكم والإدارة .

ويرجع هذا التقدم فى إنتاج الخرائط بصفة أساسية إلى التحول من طباعة الخرائط على أساس الحفر على النحاس إلى الطباعة الليثوغرافية الملونة التى سهلت توقيع التفاصيل العديدة بشكل واضح للغاية .

وقد تقدمت أعمال المساحة كثيرا وتم تحديد شكل الأرض الصحيح ، وهو أن الأرض تأخذ شكل شبه كرة مفرطحة عند القطبين . وحدد الاتحاد الدولى للجيوديسيا فى سنة ١٩٢٤ طول نصف قطرها الأكبر بـ ٦٣٧٨٫٣٨٨ كيلو مترا وأن نسبة التفرطح تبلغ ١/٢٩٧ . وكان تحديد شكل الأرض مدعاة لإعادة تحديد نقط المثلثات وما تبع ذلك من تصحيح دقيق للخرائط العالمية .

وقد ساهم التقدم الكبير الذى طرأ على أجهزة المساحة فى العصر الحديث على زيادة تقدم الخرائط ودقتها بدرجة لم يسبق لها مثيل ، فتطورت أجهزة التيودوليت بدرجة كبيرة واتسع نطاق استخدام الأجهزة التى تتولى بنفسها جميع العمليات الحسابية Self Reading Instruments فى المساحة التكيومترية . كما أن اختراع اللاسلكى سهل مشكلة تحديد خطوط الطول وهى النقطة التى كان يصعب قياسها بدقة فى الخرائط القديمة . فأصبح من السهل تحديد خط طول أى منطقة عن طريق استقبال إرسال جرينتش ومقارنته بالتوقيت المحلى .

ولكن التطور العظيم الذى طرأ على أجهزة المساحة كان استخدام المساحة الجوية فى إنشاء الخرائط . فمنذ سنة ١٨٥٨ ثبتت أهمية الصور الرأسية المأخوذة من البالونات ، ولكن قلل من هذه الأهمية صعوبة الحصول على البالونات نفسها فى كثير من الأحيان . وقد ظهر استخدام جديد للمساحة الفوتوجرامترية من الأرض عن طريق أجهزة التيودوليت المصورة لاسيما فى كندا . ولكن الحرب العالمية الأخيرة دفعت المساحة الجوية إلى الأمام وتمت خلالها — لكثرة استخدام المساحة الجوية فى سد حاجة الجيوش المتحاربة الملحة إلى الخرائط السريعة والدقيقة — تحديد أسس المساحة الجوية .

وفى خلال الحرب العالمية الثانية تمكنت المساحة الجوية فى الولايات المتحدة الأمريكية U. S Aeronautical Chart Service مثلا من مسح منطقة تبلغ مساحتها ١٥ مليون ميل مربع أى ما يزيد على ربع سطح الأرض وذلك باستخدام أجهزة التصوير المتعددة العدسات Trimetrogon cameras بمقاييس رسم صغيرة .

ولقد تشعبت مجالات الخرائط فى العصر الحديث وتعددت أنواعها والهيئات العالمية التى تنتجها والأغراض التى تستخدم فيها . ولكننا فى هذا العرض الموجز لتاريخ الخرائط فى العالم سنقتصر على موضوعين نعتقد أنهما من أهم ملامح الخرائط فى العصر الحديث ، ونقصد بهما : تطور نظام الأطالس وخريطة العالم المليونية .

## ١ — تطور نظام الأطالس :

لقد تطور استخدام الأطالس وإنتاجها فى العصور الحديثة تطوراً كبيرا . ولازم التأكيد

على أهمية الخرائط نشأة الجغرافيا الحديثة فى ألمـانيا . فقـد أكد كل من هامبولت وريتر مؤسسا علم الجغرافيا الحديث أهمية الخرائط فى فهم توزيع الظاهرات المختلفة على سطح الأرض . وأكد هامبولت على وجه الخصوص أنه يمكننا الوصول إلى حقائق عظيمة الأهمية من مجرد تحليل خرائط دقيقة الصنع . ولقد صاحبت أعماله العظيمة فى العالم الجديد مجموعة من الخرائط نشرت فى سنة ١٨١٢ تحت اسم Atlas Géographique et Physique ويعود اليه فى هذا الأطلس بدء استخدام خطوط الحرارة المتساوية Isotherms كما أنه حدد فيه لأول مرة مدى امتداد النباتات وغيرها من الظواهر الطبيعية .

وقد واصل تلاميذه من بعده هذا النشاط بحماس بالغ لاسيما المؤسسة التى أنشأها يوستس برتس Justus Perthes فى جوته . ووضع أحد هؤلاء الأتباع وهو أودلف ستيلر A Stieler بعد تجربة طويلة خطة كبيرة لوضع أطلس عام .

وظهر فى سنة ١٨١٧ الجزء الأول من الاطلس المشهور « Hand Atlas » الذى تم إعداده تحت إشراف ولهلم Wilhelm ابن يوستس برتس . واستغرق العمل فى الخمسين خريطة التى ظهرت أولا ست سنوات كاملة ، ولكن استمرت عملية إضافة الخرائط اليه حتى ظهر كاملا لأول مرة فى سبعين خريطة فى سنة ١٨٣٠ . وفى خلال مائة سنة ظهر من هـــذا الاطلس عدة طبعات كان أعظمها الطبعة الدولية التى ظهرت فى سنة ١٩٣٠ .

وقد لفتت شهرة برتس انظار هنريش برجوز Berghaus الذى أنشأ مدرسة للخرائط فى بوتسدام وضم اليه بعض الرجال المشهورين من أمثال اوجست بترمان Petermann . وكان من نتيجة تعاونهم ظهور « Physikalischer Atlas » الذى هدف أن يوضح بيـانيا الظواهر العضوية وغير العضوية وتوزيعها على سطح الأرض وغيرها من المشاكل التى أثارها هامبولت . وقـــد ظهر هذا الاطلس لأول مرة فى سنة ١٨٣٨ وأعيد نشره بعـد مراجعـة خرائطه وتنقيحها فى سنة ١٨٥٢ . وقد تكونت النسخة الأخيرة من أربعة أجزاء تضم ٩٤ خريطة تعـالج موضوعات : الطقس والمناخ والجيولوجيا والمغناطيسية الارضية والجغرافيـة النباتيـة والانثروبولوجيا والإثنوجرافيا ؛ كل ذلك بالتفصيل ولكن فى حدود البيانات الناقصة التى لم يتوافر لديهم غيرها فى ذلك الوقت .

ولم يقتصر أمر هذه الجهود العالمية على صناع الخرائط فى ألمانيا فحسب بل قامت بينهم وبين الانجليز منافسة كبيرة . تحاول أحد صناع الخرائط فى بريطانيا وهو الكسندر كيث جونستن Johnston أن ينشر أطلسا بريطانيا يضارع أطلس برجوز الالمانى . وقد بدأ فى اتخاذ الترتيبات لإصدار هذا الاطلس بالاستفادة من المادة التى استعملها برجوز ولكن بشروع التعاون هذا فشل فقرر جونستن العمل مستقلا عن الالمان . والقول بأن أطلس جونستن بعنوان « Physical Atlas » هو نسخة إنجليزية من الأطلس الألمانى قول يجانبه الصواب .

وكان من نتيجة العلاقات المتبادلة بين الخرائط الالمانية والبريطانية أن ذهب بترمان الى إدنبره أولا كمساعد لجونستن ثم استقل بنشر الخرائط فى لندن فى سنة ١٨٤٧ . ونظرا لتردده الدائم على الجمعية الجغرافية الملكية فى لندن فقد تعرف على كثير من الرحالة الذين جابوا أنحاء القارات فعمل على ضم شركة برتس فى جوته اليه لنشر كل ما أضافه هؤلاء الرحالة من معلومات .

ولقد عاصر كل من جون بارثلوميو John Bartholomew الاب والإبن كل من بترمان وجونستن . وقد أنشأ بار ثلوميو طريقة استخدام الدرجات اللونية فى الخرائط متوسطة المقياس ، فضلا عن أنه وضع مشروعا لوضع أطلس طبيعى« Physical Atlas »ضخم يلخص معارف الجغرافيين فى نهاية القرن الماضى . ففى سنه ١٨٩٩ ظهر الاطلس المتيورلوجى « Atlas of Meteorology »على أساس أنه يمثل الجزء الثالث من الاطلس المذكور وقد تضمن أكثر من ٤٠٠ خريطة تغطى كل عناصر الطقس والمناخ ،وتبعه فى سنه ١٩١١ الجزء الخامس من الاطلس بعنوان « أطلس جغرافية الحيوان » « Atlas of Zoogeography » ،ولكن لم تظهر أجزاء أخرى سوى هذين الجزئين .

فضلا عن هذه الاطالس العالمية ظهرت فى بعض الدول أطالس محلية . وأقدم هذه الاطالس هو ذلك الاطلس الذى نشرة بارثلوميو فى سنه ١٨٩٥ لاسكتلنده لحساب الجمعية الجغرافية الاسكتلندية . وكذلك أطلس فنلنده الذى ظهرت طبعته الاولى فى سنة ١٨٩٩ والذى كان يهدف — كما جاء فى مقدمته — الى تعريف الفنلنديين ببلادهم . كذلك ظهر أطلس عن كندا فى سنة ١٩٠٦ وأطلس عن فرنسا « Atlas de France »الذى طبعه القسم الجغرافى بالجيش الفرنسى Service Géographique de L'armée ونشر فى سنة ١٩٣٦

الأطلس الذى أعـــــده بيـــكر O. E. Baker فى ثلاثين عاما بعنوان « Atlas of American Agriculture »

أما الأطلس الذى نشر فى الاتحاد السوفيتى بعنوان « The great Soviet Atlas of the World » فقد جمع بين الأطالس العالمية والمحلية ، إذ ضم الجزء الأول الذى صـــــدر فى سنة ١٩٣٧ الخرائط المتعلقة بالعالم وبالاتحاد السوفيتى بصفة عامة ، أما الجزء الثانى (١٩٣٩) فقد أبرز التفاصيل الدقيقــة للوحــدات السياسية والإدارية وكذلك الجغرافيا الطبيعية والاقتصادية للاتحاد السوفيتى .

ولا يوجد أطلس محلى لبريطانيا ، ولــكن هناك محاولة حديثة تشرف عليها لجنة من الجمعية الجغرافية لوضع مثل هذا الأطلس،ونواة هذا المشروع هى خرائط ١/٠٠٠ر٦٢٥ التى صنفتها وزارة التخطيط وطبعتها المساحة البريطانية .

٢ — خريطة العالم المليونية :

ظهرت فــكرة وضع خريطة واحــدة بمقياس رسم ١ /٠٠٠ر٠٠٠ر١ لأول مرة فى برن بسويسره فى سنة ١٨٩١ حينما اقترح البرخت بنك A . Penck أستاذ الجغرافية بجامعة فينا على المؤتمر الجغرافى الدولى الخامس فــكرة هذه الخريطة . وقد واجهت المؤتمر ثلاثة مشاكل رئيسية حاول إيجاد حل لها .

(ا) إن تقسيم سطح الأرض إلى عدد من اللوحات كل منها مرسومة بنفس مقياس الرسم ويفضــل أن تــكون بنفس المسقط يستدعى أن يــكون المسقط المستخدم يسهل عمليــة ضم اللوحات لبعضها بحيث تعطينا فى النهــاية خريطة دقيقة لــكرتنا الأرضية مصغرة عنها مليون مرة .

(ب) حاول المؤتمر التقليل من التشويه الذى سيتعرض له الشــكل الــكروى للأرض عند إسقاطه على اللوحات المسطحة إلى أدنى حد ممــكن .

(حـ) تحديد مواصفات فنية موحدة تتبع فى رسم جميع اللوحات .

وقد دارت مناقشات عنيفة فى هذا المؤتمر وتأجل الموضوع إلى المؤتمر التالى فى لندن سنة ١٨٩٥، وفى ذلك الوقت شكل المؤتمر لجنة تمثل عشر دول تتقدم باقتراحها لحل هذه المشكلات الثلاث. واختارت اللجنة من بينها ثلاثة علماء من سويسره برئاسة أدوارد بروكنر Brückner لتضع تقريرا عن المشروع.

وقد نوقش تقرير بروكنر فى المؤتمر الجغرافى الدولى السادس، ورغم أن بروكنر وضع إجابات كافية لكل ما أثير فى أثناء مناقشات المؤتمر السابق إلا أن اعتراضات كثيرة — كان الدافع وراء معظمها سياسياً — أخرت إقرار المشروع.

وقد ذهب بنك بنفسه فى سنة ١٩٠٤ إلى واشنطن وأثار مرة أخرى موضوع الخريطة، ولكن الجو هذه المرة كان أكثر استعداداً لتقبل المشروع والعمل على تنفيذ فكرته. فقد كانت هناك فى هذا الوقت خرائط بمقياس ١/٠٠٠ر٠٠٠ر١ تغطى مساحة تبلغ ٠٠٠ر٠٠٠ر١٠ ميل مربع. وفى المؤتمر التاسع الذى عقد فى جنيف فى يوليو ١٩٠٨ تقدم العضو الأمريكى ديفيد دى David T. Day باقتراح بالعمل بسرعة على وضع مشروع الخريطة المليونية موضع التنفيذ. وعلى هذا الأساس قامت الحكومة البريطانية بتوجيه الدعوة إلى النمسا — المجر وفرنسا وألمانيا وإيطاليا واليابان وروسيا وأسبانيا والولايات المتحدة لكى ترسل مندوبين عنها إلى بريطانيا لوضع التفاصيل الفنية للمشروع. وعقد هذا المؤتمر فى لندن فى نوفمبر سنة ١٩٠٩ بحضور هذه الدول باستثناء اليابان حيث تم وضع الأسس الفنية للمشروع الذى أقرته فيما بعد ٣٤ دولة حضرت المؤتمر الجغرافى الدولى فى باريس فى سنة ١٩١٣.

وقد اتفق على استخدام أحد المساقط المتعددة المخاريط Modified Polyconic والتى تسمح بضم اللوحات المتجاورة بدون تشويه على أن تغطى كل لوحة ما مساحته ٤ درجات عرضية، ٦ درجات طولية مع ضم كل لوحتين فى لوحة واحدة بعد خط عرض ٦٠°.

كما اتفق فى هذا المؤتمر على أن يتم تمثيل تضاريس سطح الأرض بخطوط الكنتور بفاصل رأسى ١٠٠ متر يزيد فى المناطق الجبلية إلى ألف متر، وتم تحديد الدرجات اللونية التى ستستخدم فى هذا التمثيل الذى يجب أن يراعى تدرج تضاريس سطح الأرض ابتداء من جبال الهيملايا حتى سهول إفريقية المنخفضة.

وقد اعتبر خط طول جرينتش هوخط الطول الأساسى بعد أن رفض المؤتمر فكرة جعل خط طول ٤° شرقا الذى يمر بألمانيا أو خط طول مدينة باريس كخط طول أساسى .

وتكتب الأسماء فى الخريطة المليونية تبعا لاسمها المحلى مع إضافة الإسم المشهور إذا كان هناك اختلاف بينهما . أما الظواهر المائية كالأنهار وخطوط السواحل والترع وغيرها فترسم باللون الأزرق . أما خطوط الكنتور فترسم على اليابس باللون البنى وعلى الماء باللون الأزرق .

أما مقياس الرسم فقد اتفق على أن تشمل الخريطة المليونية على ثلاثة مقاييس خطية : مقياس كيلومترى وآخر للاميال البرية وثالث للاميال البحرية ( ٢٠٣٨ر٤ ياردة ) بالإضافة إلى ذكر الكسر البيانى .

أما عن طريقة التنفيذ فقد حدد الاتفاق الهيئات التى ستقوم بإنتاج هذه الخريطة وهى مصالح المساحة فى كل دولة . وقد خص مصر سبع لوحات : الإسكندرية — القاهرة — الداخلة — أسوان -- العوينات — وادى حلفا — جبل علبة .

ولكن توزيع العمل بين هيئات قومية مختلفة وعدم تركيزه فى هيئة دولية مركزية واحدة جعل تنفيذ المشروع يسير ببطء . فحتى التوقف الذى حدث فى سنة ١٩٣٩ بسبب الحرب كان قد تم تنفيذ ٤٠٥ لوحات من بين ٩٧٥ لوحة تغطى كل سطح الأرض . ولكن لم يتبع النمط الدولى منها سوى ٢٣٢ لوحة . وقد ساعد على هذا التأخير عدم وجود خرائط تفصيلية لبعض مناطق العالم مما دفع بعض الهيئات الدولية إلى أن تنتج خرائط لإفريقية بمقياس ١ : ٢ مليون وخرائط لآسيا ١ : ٤ مليون .

وأعظم الهيئات العالمية التى تحملت عبء تنفيذ جزء عظيم من هذه الخريطة هى الجمعية الجغرافية الأمريكية تحت رعاية رئيسها آنذاك الأستاذ بومان Isaiah Bowman . فقد نشرت خرائط الولايات المتحدة بدقة كبيرة متتبعة كل المواصفات التى وردت فى اتفاقية باريس بشأن الخريطة المليونية وبعد أن أخذت الجمعية موافقة حكومات أمريكا الجنوبية بدأت فى القيام بأعمال مساحية استغرقت ٢٥ عاما بدأت سنة ١٩٢٠ وتمكنت فى سنة ١٩٤٥ من إتمام ١٠٧ لوحة من الخريطة المليونية .

# الفصل الثاني

## مقاييس الرسم

الخريطة عبارة عن تمثيل تفاصيل سطح الأرض الكروى على لوحات مسطحة من الورق . ولا بد من وضع معيار ثابت يمكن عن طريقه الحكم حكما صادقاً على طبيعة العلاقة التى تربط بين الخريطة والمنطقة التى تمثلها تلك الخريطة . ويمكن الوصول الى تحديد لمفهوم تلك العلاقة عن طريق مقياس الرسم . وترجع حاجتنا الى استخدام مقياس الرسم الى أنه لا يمكن رفع أى بعد من الطبيعة وبيانه على الخرائط بنفس الأطوال الحقيقية لهذ البعد ، ولذلك ترسم هذه الابعاد بنسبة Proportion خاصة تمكننا من رسم المنطقة على الورق ، وتسمى هذه النسبة مقياس الرسم .

فمقياس الرسم إذن عبارة عن النسبة الثابتة بين الأبعاد الخطية الموجودة على الخريطة والأبعاد الأصلية المقابلة لها على الطبيعة .

وقبل البدء فى رسم أية خريطة لابد من تحديد :

ا — المساحة المطلوب رسمها .

ب — مساحة اللوحة التى سترسم عليها الخريطة .

حـ — مدى ما يراد إيضاحه من المعالم والتفاصيل .

وهناك نوعان أساسيان من مقاييس الرسم :

ا — مقاييس عددية Numerical scales

ب — مقاييس تخطيطية Graphical or Rod scales

وتنقسم المقاييس العددية الى نوعين أساسيين من مقاييس الرسم :

ا — القياس المباشـــــر : Direct statement

وهو أبسط أنواع مقاييس الرسم . وفيه تذكر وحدة القياس على الخريطة وما يقابلها

على الطبيعة كتابة فيقال إن مقياس رسم الخريطة هو مثلا : سنتيمتر لكل كيلو متر أو بوصة لكل ميل . أى أننا إذا قمنا بقياس بعد بين نقطتين على خريطة ذات مقياس رسم سنتيمتر لكل كيلو متر ووجدناه يساوى ستة سنتيمترات فمعنى هذا أن البعد بين هاتين النقطتين يساوى ستة كيلو مترات على الطبيعة .

٢ — مقياس الكسر البيانى : Fractional scale

من عيوب القياس المباشر أنه إذا كان مقياس رسم الخريطة محدداً على أساس المقاييس الفرنسية فإنه قد يصبح من الصعب على قارىء الخريطة الذى تعود على استخدام المقاييس الأنجليزية مثلا أن يستفيد بمقياس الرسم فى قياس أية مسافات عليها ، وكذلك فى تغيير مقياس رسمها عن طريق تكبير الخريطة أو تصغيرها ، ولذلك فاننا نلجأ الى استخدام مقياس الكسر البيانى .

والأساس الذى يقوم علية إنشاء هذا النوع من مقاييس الرسم هو أنه مادامت الوحدات عند طرفى المقياس واحدة فإن حذفها لن يغير من حقيقة مقياس الرسم . فإذا قلنا إن مقياس الرسم هو سنتيمتر لكل كيلو متر أى ١ سنتيمتر لكل ١٠٠٫٠٠٠ سنتيمتر فإنه يمكننا أن نحذف تعريف وحدة القياس ونتركها مجردة أى ١ : ١٠٠٫٠٠٠ ولا يخفى أن طرفى المعادلة يمثلان وحدات قياسية من نوع واحد . فإذا قلنا إن مقياس الرسم هو ١ : ١٠٠٫٠٠٠ فمعنى ذلك أن كل سنتيمتر أو بوصة على الخريطة يقابلها على الطبيعة مائه الف من نفس وحدة القياس .

وقد يظهر هذا النوع من مقاييس الرسم فى الخرائط على هيئة كسر بيانى كأن نقول إن مقياس الرسم هو $\frac{١}{١٠٠٠٠٠}$ ويعرف حينئذ بمقياس الكسر البيانى Representative fraction أو قد يظهر على هيئة نسبة كأن نقول أن مقياس الرسم هو ١ : ١٠٠٫٠٠٠ . وحينئذ يسمى بالمقياس النسبي Proportional scale .

ويلاحظ أنه فى المقاييس العددية يحتاج الأمر دائماً الى إجراء عمليات حسابية لمعرفة المسافات على الطبيعة . فإذا وجدنا أن المسافة بين نقطتين على الخريطة هو عدد معين من السنتيمترات أو البوصات أو أجزائها فاننا نقوم بعمليات حسابية لمعرفة ما يقابل هذه المسافات

على الطبيعة بالكيلو مترات أو الاميال . ولكن لو أمكننا أن نحصل على ما يقابل هذه المسافات على الطبيعة مباشرة من واقع مقياس رسم الخريطة دون القيام بعمليات حسابية فلا شك أن هذا سيكون أكثر فائدة . ومن هنا كان استخدامنا للمقاييس التخطيطية .

وتنقسم المقاييس التخطيطية الى الأنواع الآتية :

١ — المقياس الخطى : Line—Scale or plain—Scale

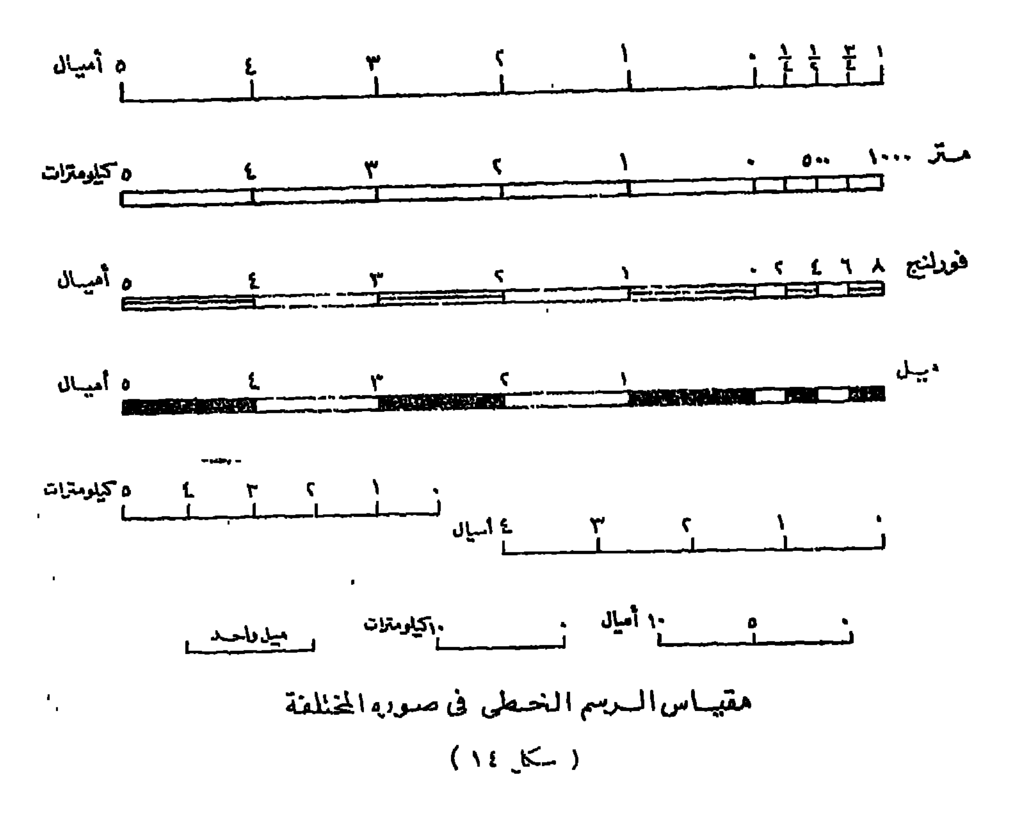
المقياس الخطى عبارة عن خط مستقيم مقسم الى وحدات قياسية متساوية قد تكون أميالا برية أو بحرية أو كيلو مترات أو مضاعفاتها أو أجزاء منها كالأمتار أو السنتيمترات أو الأقدام أو الياردات . . . . الخ . وترفق معظم الخرائط بمقياس خطى يتراوح طوله عادة بين سنتيمتر وخمسة عشر سنتيمترا أو حوالى ست بوصات وذلك تبعا لمساحة الخريطة ومقياس رسمها .

وقد يكون للخريطة اكثر من مقياس خطى واحد كأن يكون لها مقياس كيلو مترى وآخر ميلى وثالث للأميال البحرية . أما فى الأطالس فنجد أن معظم الخرائط ذات مقياسين أحدهما مقياس ميلى والآخر مقياس كيلو مترى ، كما هو الحال فى خريطة العالم المليونيـة .

وتختلف الصورة البيانية للمقياس الخطى من خريطة إلى أخرى . فقد يتكون المقياس من خط واحد يعبر عن وحدة قياسية واحدة قد تكون ميلا أو عشرة كيلو مترات . وقد يزداد طول هذا الخط إلى عشرة سنتيمترات مثلا ويقسم إلى وحدات قياسية كبرى مثل الميل أو الكيلومتر . وقد يضاف إلى المقياس جزء خاص بالوحدات الصغرى أيضاً مثل المتر أو الياردة أو القدم . وأحيانا يتكون المقياس الخطى من خطين متوازيين لا تكاد المسافة بينهما تزيد على ملليمتر واحد ، وتوضع خطوط التقسيم بين الخطين ، ولزيادة الايضاح يطمس قسم ويترك آخر على التوالى ، وقد يستبدل بالطمس التظليل أو مجرد خط رفيع بينهما .

والمفروض أن يبدأ المقياس الخطى بالصفر وينتهى بأكبر رقم نصل إليه تبعاً لطول هذا الخط ، ولا يعكس المقياس فى هذه الحالة سوى وحدات القياس الرئيسية التى لا تقل عادة

عن الكيلومتر أو الميل . فلزيادة الدقة فى قياس المسافات من الخريطة يجب ألا نبدأ المقياس الخطى بالصفر ، بل نضع صفر القياس بعد بداية المقياس الخطى بوحدة قياسية رئيسية فتقع باقى الوحدات الرئيسية على يسار الصفر وتقع أجزاء تلك الوحدة على يمين الصفر .




مقياس الرسم الخطى فى صوره المختلفة

( شكل ١٤ )

وفائدة المقياس الخطى كما ذكرنا هو أنه يسهل لنا معرفة المسافات بين النقط المختلفة على الخريطة . ولمعرفة المسافة الحقيقية بين نقطتين على الطبيعة فإننا نقوم بقياس المسافة بينهما على الخريطة [ بإحدى طرق القياس التى سنذكرها فيما بعد ] ثم نطبق هذه المسافة على المقياس الخطى المرافق للخريطة فنحصل على البعد الحقيقى بين النقطتين دون الحاجة إلى إجراء أية عمليات حسابية .

ولكن يجب أن نذكر مع المقياس الخطى للخريطة مقياس الكسر البيانى أيضا حتى يمكن الاستفادة به فى معرفة مساحة أية منطقة على الخريطة أو عند تحويل القياس الخطى الكيلو مترى مثلا إلى مقياس خطى ميلى .

وتختلف أهمية المقياس الخطى من خريطة إلى أخرى ، فهو ضرورى فى خرائط التضاريس

وخرائط المدن والخرائط الجوية والبحرية . . . الخ ولكنه عديم الفائدة فى خرائط الطقس والمناخ مثلا .

## طريقة إنشاء المقياس الخطى :

إذا أردنا أن نرسم مقياساً خطياً لأية خريطة فإن أول ما يهمنا هو معرفة الكسر البيانى لهذا المقياس . وبما أن الكيلومتر عبارة عن ١٠٠٠٠٠ سنتيمتر فإن المقاييس الكيلومترية ليست إلا أجزاء من هذا المقياس أو مضاعفات له مثل ١ : ٢٥٠٠٠ ، ١ : ٥٠٠٠٠ ، ١ : ٧٥٠٠٠ ، ١ : ١٥٠٠٠٠ ، ١ : ٢٠٠٠٠٠ . . . الخ . وبما أن الميل عبارة عن ٦٣٣٦٠ بوصة فإن المقاييس الميلية ليست إلا أجزاء من هذا المقياس أو مضاعفات له مثل ١ : ٣١٦٨٠ ، ١ : ٢١١٢٠ ، ١ : ١٢٦٧٢٠ . . . الخ .

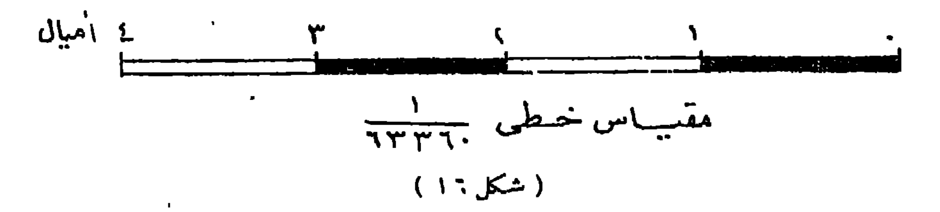
فلو طلب إلينا أن نرسم مقياسا خطيا لخريطة مقياس رسمها هو ١ : ١٠٠ر٠٠٠ فمن الواضح أن هذا المقياس عبارة عن مقياس كيلو مترى وأن كل سنتيمتر فيه يساوى كيلو متراً على الطبيعة . فنرسم خطاً مستقيما بطول مناسب لمساحة الخريطة ونقسمه إلى عدة أقسام طول كل منها سنتيمتر واحد ثم نكتب فوق كل نقطة من نقط التقسيم مايقابلها بالكيلو مترات .



( شكل ١٥ ) مقياس خطى ١ : ١٠٠ر٠٠٠

فإذا أردنا أن نحصل على قراءات أصغر من الكيلومتر فإننا نقوم بزحزحة صفر البداية إلى اليسار وحدة قياسية رئيسية ، ثم نقسم هذه الوحدة إلى أجزاء الكيلومتر التى قد لاتزيد فى حالتنا هذه عن ربع كيلو متر أى أننا نقسم هذه الوحدة إلى أربعة أقسام .

ولو طلب الينا أن نرسم مقياساً خطياً لخريطة مقياسها الكسرى $\frac{١}{٦٣٣٦٠}$ نجد أن هذا المقياس عبارة عن مقياس ميلى ، وأن البوصة فيه تساوى ميلا واحداً ، وبنفس الطريقة السابقة نرسم خطاً مستقيما بطول مناسب لمساحة الخريطة ونقسمه إلى عدة أقسام كل منها يساوى بوصة ثم نكتب فوق نقط التقسيم ما يقابلها بالأميال .




( شكل ١٦ )

فإذا أردنا أن نحصل على قراءات أصغر من الميل فإننا نقوم بتحريك صفر البداية إلى اليسار وحدة قياسية رئيسية ، ثم نقسم هذه الوحدة إلى فورلنجات Furlongs مثلا أو غيرها من أجزاء الميل .

٢ — المقياس المقارن : Comparative scale

ذكرنا أن تجريد مقياس الرسم من تعريف الوحدة القياسية التى تلازمه يضفى على المقياس صبغة عالمية ويسهل استخدام الخريطة بين شعوب العالم مهما كانت طبيعة المقاييس التى تعودت استخدامها .

هكذا وجدنا أن الالتجاء إلى استخدام مقاييس رسم مجردة يسهل استخدام الخريطة ويمكن أن ينطبق هذا الكلام على المقياس الخطى الملحق بالخريطة . ولما كان تجريد المقياس الخطى من الوحدة القياسية أمرا مستحيلا فإننا نلجأ إلى رسم أكثر من مقياس خطى واحد فى الخريطة الواحدة ونطلق عليه اسم المقياس المقارن لأن المقياسين يقارن كل منهما بالآخر .

وخريطة العالم المليونية لها ثلاثة مقاييس رسم خطية تقيس إلى ثلاثة أنواع من الوحدات الطولية هى الكيلو متر والميل البرى والميل البحرى . فهذه المقاييس الثلاثة تعتبر مقياسا مقارنا لهذه الخريطة .

فإذا أردنا أن نرسم مقياساً خطياً مقارناً لخريطة مقياس رسمها ١ : ٠٠٠ر١٠٠ مثلا فإننا نرسم خطاً بطول مناسب ونقسمه إلى عدة أقسام طول كل قسم منها سنتيمتر واحد يمثل كيلومترا واحداً . وبعد ذلك نرسم القياس الخطى الميلى الذى نريد مقارنته بمقياس ١ : ٠٠٠ر١٠٠ السابق على النحو التالى :

كل ١٠٠٠٠٠ سنتيمتر على الطبيعة يقابلها ١ سنتيمتر على الخريطة .

أى أن كل ١٠٠٠٠٠ بوصة على الطبيعة يقابلها ١ بوصة على الخريطة

∴ كل ٦٣٣٦٠ بوصة على الطبيعة يقابلها س بوصة على الخريطة .

∴ س = (١ × ٦٣٣٦٠) / ١٠٠٠٠٠ = ٦٣ر٠ بوصة .

∴ كل ٦٣٣٦٠ بوصة على الطبيعة يقابلها ٦٣ر٠ بوصة على الخريطة .

∴ ٥ أميال مثلا = ٦٣ر٠ × ٥

= ١٥ر٣ بوصة .

وعلى ذلك نرسم خطاً طوله ١٥ر٣ بوصة ونقسمه إلى خمسة أقسام متساوية ، يعبر كل قسم منها عن ميل واحد . وبذلك نحصل على مقياس خطى يقيس إلى أميال صحيحة لخريطة مقياس رسمها ١ / ١٠٠٠٠٠

٨ كيلومتر ٧ ٦ ٥ ٤ ٣ ٢ ١ ٠

٥ أميال ٤ ٣ ٢ ١ ٠

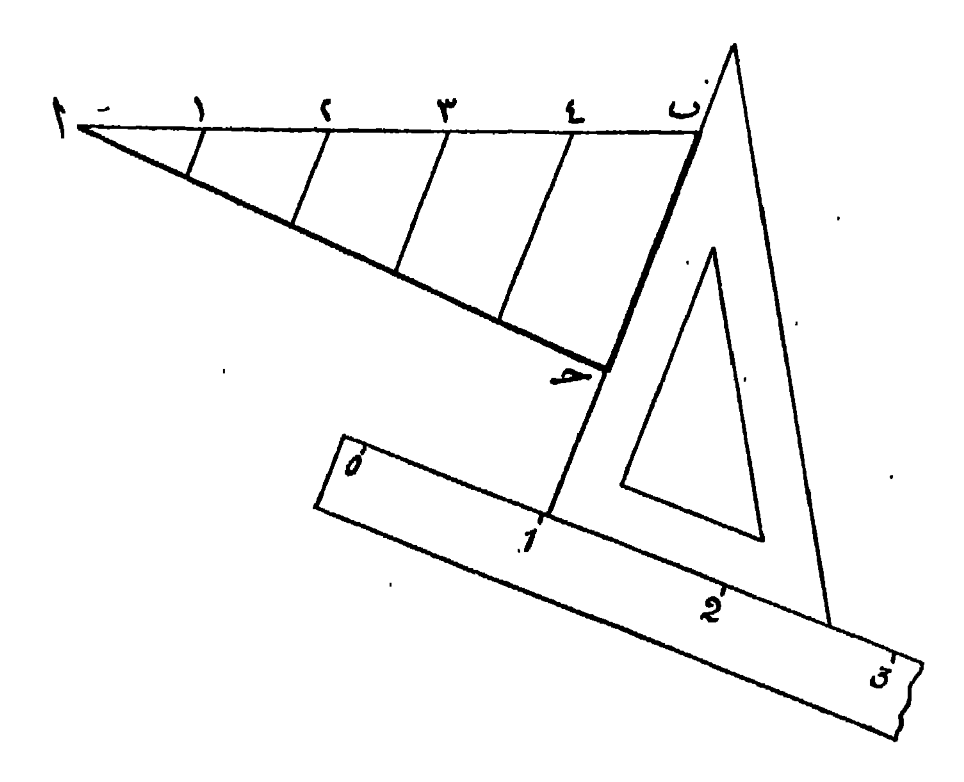
مقياس خطى مقارن لخريطة ١ / ١٠٠٫٠٠٠

( شكل ١٧ )

ولكن عند محاولة تقسيم خط طوله ١٥ر٣ بوصة إلى خمسة أقسام متساوية ستواجهنا مشكلة تقسيم مثل هذا الخط إلى أقسام متساوية طول كل منها ٦٣ر٠ بوصة . وفى هذه الحالة نستعين بخط آخر يساعدنا على تسهيل تقسيم هذا الخط .

فلو فرض أن المقياس الخطى المراد تقسيمه هو الخط ا ب بطول ١٥ر٣ بوصة . فى هذه الحالة نقوم برسم خط مساعد هو الخط ا حـ ليقابل ا ب عند نقطة ا بزاوية مناسبة على أن يكون طوله بوحدات قياسية تقبل القسمة على خمسة مثل ٥ر٢ أو ٥ أو ٥ر٧ سنتيمتر مثلا . ثم نقوم بتوصيل طرفى الخطين بخط ثالث هو الخط ب حـ . بعد ذلك نقسم الخط ا حـ إلى خمسة أقسام طول كل منها ٥ر١ سنتيمتر . ثم نرسم من نقط التقسيم هذه خطوطاً موازية للخط ب حـ تلتقى بالخط ا ب ، فنكون بذلك قد قسمنا الخط ا ب إلى خمسة أقسام طول كل منها ٦٣ر٠ بوصة .

ويلزمنا لإجراء عملية التقسيم أن نستعين بمثلثين أو بمثلث ومسطرة . ونضع حافة المثلث




طريقة تقسيم خط مستقيم إلى أجزاء متساوية

( شكل ١٨ )

على طول الخط ب حـ على أن يتعامد على المسطرة أو المثلث الآخر كما فى الشكل ( ١٨ ) ثم نقوم بتحريك المثلث على طول حافة المسطرة حتى يمر بكل نقط التقسيم على الخط ا حـ التى نقوم بتوصيلها بالخط ا حـ فتقسم لنا هذا الخط الأخير إلى الأقسام الخمسة المطلوبة .

٣ — المقياس الزمنى : Time — Scale

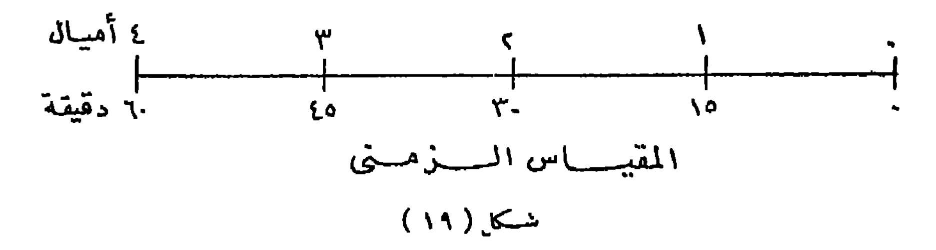
يمكن استخدام فكرة القياس المقارن فى عملية مقارنة أخرى لا تكون المقارنة فيها بين وحدات قياسية مختلفة ولكن بين وحدات قياسية وبين وحدات زمنية . ويعرف هذا النوع من المقاييس باسم المقياس الزمنى . وهو من أهم المقاييس التى يعتمد عليها رجل الكشف ورجال الجيش فى خطوط سيرهم على الخرائط ، ذلك أن هذا المقياس يربط المسافة بالزمن .

والمقياس الزمنى مرتبط فى إنشائه بمقياس رسم الخريطة المستعملة فى الرحلة . فالمقياسان لا ينفصلان عن بعضهما بل هما مقياس ذو حدين ، فالجانب الأعلى من المقياس يخصص

للمسافة بالكيلو مترات أو بالأميال ويقسم حسب مقياس رسم الخريطة . وهذا الجانب من جانبي مقياس الرسم ثابت لا يتغير حيث أنه مقياس الرسم الخطى للخريطة .

أما الجانب الأسفل من الخط فيخصص للزمن . فيكتب عليه مايقابل الكيلومترات بالدقائق أو الساعات . وبذلك يسهل على قارئ الخريطة تقدير المسافة التى يقطعها أو يريد قطعها بالزمن . وبالطبع فإن هذا الجانب من جانبي مقياس الرسم غير ثابت ويتغير تبعا لتغير سرعة سير الشخص الذى يستخدم الخريطة سواء أكان راكبا أم مترجلا .

فإذا كان الرحالة يقطع فى الساعة ٤ أميال ، وكان مقياس رسم الخريطة التى يسير عليها $\frac{١}{٦٣٣٦٠}$ أى بوصة لكل ميل فإننا نرسم خطا مستقيما ونقسم حافته العليا إلى بوصات لتمثل كل بوصة منها ميلا واحداً . أما الجانب الأسفل من الخط فنحدد عليه ما يقابل هذه الأميال بالدقائق والساعات .




شكل ( ١٩ )

وبما أن الرحالة يقطع فى الساعة ٤ أميال فكأنه يقطع الميل الواحد فى ١٥ دقيقة . وعلى ذلك نكتب تحت الميل الأول ١٥ دقيقة وتحت الميل الثانى ٣٠ دقيقة وتحت الميل الثالث ٤٥ دقيقة حتى نصل إلى الميل الرابع فنكتب تحته ٦٠ دقيقة أى ساعة كاملة .

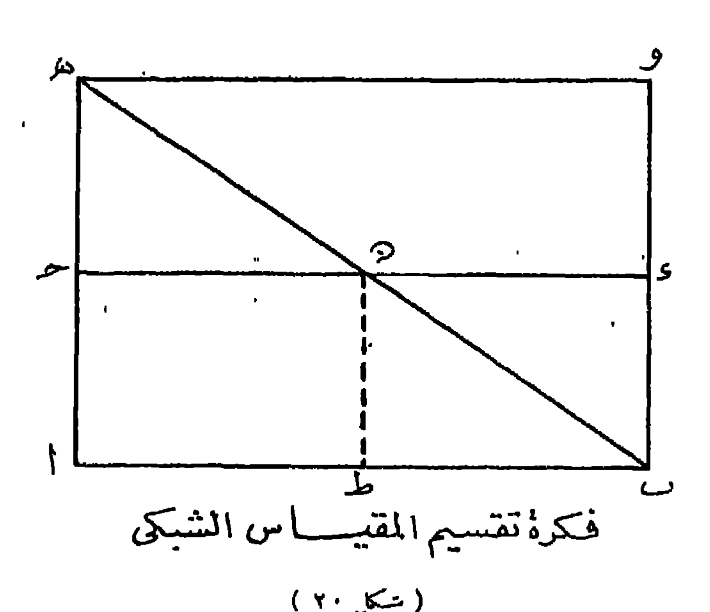
٤ — المقياس الشبكى : Diagonal Scale

لو أردنا رسم مقيــاس خطى لخريطة مقياس ١ : ٤٠٠,٠٠٠ مثلا بحيث يقرأ المقياس الخطى حتى مئات الأمتار ، سنجد أن كل سنتيمتر عــلى المقياس الخطى يمثل أربعة كيلومترات على الطبيعة ، أى أن كل كيلومتر واحد على الطبيعة يمثله ربع سنتيمتر على المقياس .

وواضح أن تقسيم ربع السنتميتر إلى عشرة أقسام يقرأ كل قسم منها مائة متر أمر مستحيل ، لأن كل قسم على هذا الأساس ( أى كل ١٠٠ متر ) سيمثل على المقياس بطول

٢٥ر٠ من المليمتر . ولهذا يلزم استخدام طريقة أخرى تضمن لنا سهولة قراءة هذه الوحدة الصغيرة وهذه الطريقة هي استخدام مقياس رسم شبكي أو قطرى Diagonal .

ويعتمد مقياس الرسم الشبكي على نظرية هندسية بسيطة . فلتقسيم الخط ا ب إلى قسمين متساويين نقوم برسم الأعمدة ( ا هـ ) ، ( ب و ) . ثم نرسم المتوازيين ( حـ د ) ، ( هـ و ) على مسافات متساوية . ومن الشكل ( ٢٠ ) يمكننا أن نثبت بسهولة أن نقطة ( ط ) تنصف الخط ( ا ب ) ويسهل هذا الإثبات إذا أسقطنا العمود ( ن ط ) على ( ا ب ) .




فكرة تقسيم المقياس الشبكى

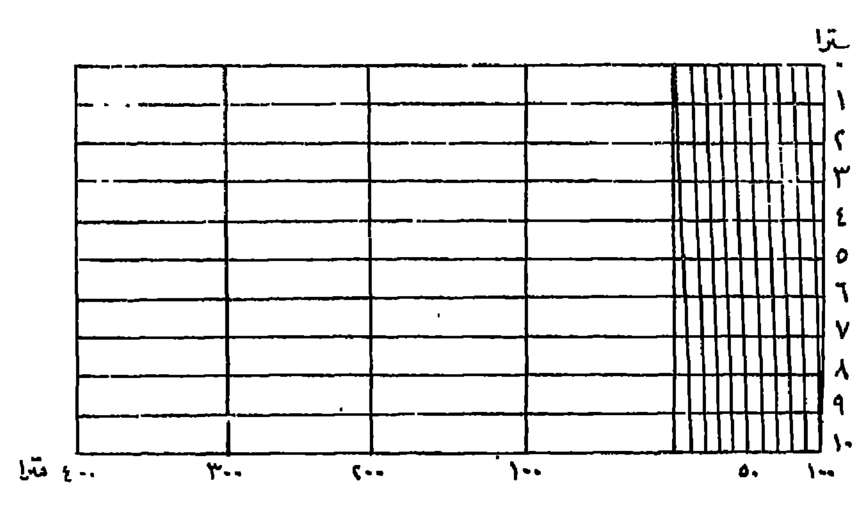
( شكل ٢٠ )

وبنفس الطريقة يمكن تقسيم الخط ( ا ب ) إلى عشرة أقسام متساوية برسم عشرة متوازيات فوق بعضها بفاصل رأسى واحد ، ثم نوصل ( ب هـ ) ونسقط أعمدة من نقط التقابل على الخط ( ا ب ) وبذلك ينقسم هذا الخط إلى عشرة أقسام متساوية ، طول كل منها يساوى ١ر٠ من طول ( ا ب ) .

وتعتمد فكرة المقياس الشبكي أساساً على النظرية السابقة . فإذا أريد مثلا تصميم مقياس رسم خطى لخريطة مرسومة بمقياس ١ : ٥٠٠٠ ليقرأ الى متر واحد فاننا نجد أن هذا المتر الواحد على الطبيعة يقابله على المقياس الخطى بعداً يساوى ٢و٠ من المليمتر ، وفى هذه الحالة يتعذر تعيين هذا الكسر الصغير من المليمتر على الورق . وعلى فرض إمكان تعيينه فليس من الممكن قراءة الأجزاء الناتجة بالدقة الكافية .

ولذلك فقد دعت الحاجة الى استنباط طريقة يمكن بها بيان هذه الاجزاء وقراءتها بسهولة ، وهى عمل مقياس شبكى على الجزء الموجود على يمين صفر تدريج المقياس الخطى . ويكون المقياس الشبكى بمثابة الورنية للمقاييس المدرجة لأن به يمكن تعيين كسر صغير من أصغر وحدة مبينة على المقياس الخطى .

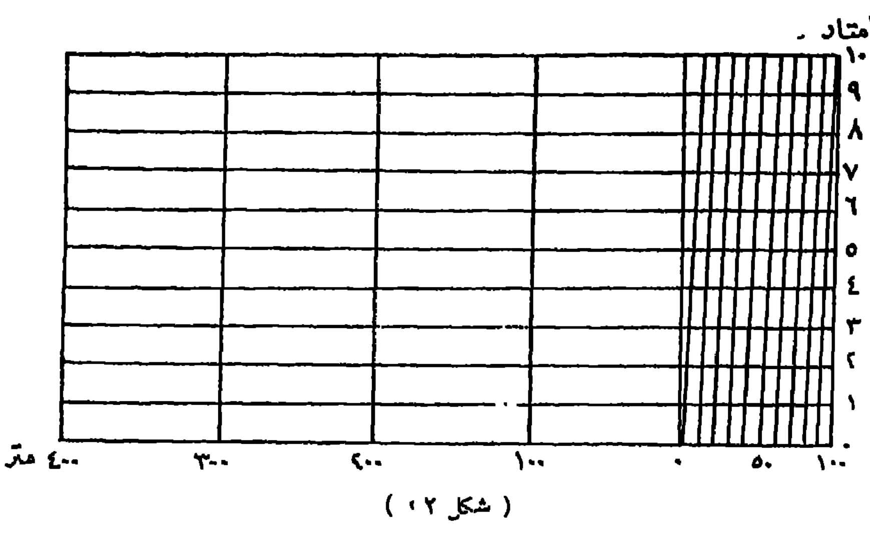
ولعمل المقياس الشبكى لخريطة مرسومة بمقياس رسم ١ /٥٠٠٠ يقرأ الى أقرب متر صحيح نقيم عمودا على المقياس الخطى من نهايته اليمنى ونبين على هذا العمود عشرة أبعاد متساوية بطول مناسب وليكن خمسة ملليمترات مثلا . ثم نرسم من نقطة التقسيم هذه خطوطا موازية لطول المقياس الخطى . وبعد ذلك نقيم من نقطة صفر تدريجها عموداً آخر فيقابل أعلى خط من الخطوط الموازية للمقياس الخطى . ونقسم المسافة بين هذين العمودين على ذلك الخط الى خمسة أقسام متساوية تساوى الأقسام الصغرى التى على المقياس الخطى والتى يعبر كل منها عن عشرة أمتار . وبعد ذلك نصل كل نقطة على الخط العلوى بالنقطة التى تقع على يمين أو يسار النقطة المناظرة لها على المقياس الخطى ، فينتج المقياس الشبكى المطلوب . وتقام أيضا أعمدة من باقى نقطة تقسيم المقياس الخطى لتقابل الخطوط الموازيه لها ويصير شكل المقياس النهائى كما فى ( شكلى ٢١ ، ٢٢ )




( شكل ٢١ )
نموذج للمقياس الشبكى ( ١ )

فمن الشكل ٢١ نرى أن التقاسيم الموجودة على الخط الموازى الواقع فوق المقياس الخطى مباشرة وفى الجزء الأول جهة اليسار من المقياس الشبكى قد انحرفت الى اليسار بمقدار $\frac{1}{10}$

من أصغر قسم على المقياس الخطى الذى يبلغ طوله ١٠ أمتار أى أنها انحرفت بمقدار ١/١٠ من ١٠ = متر واحد . وكذلك نجد أن التقاسيم على الخط الموازى التالى مباشرة قد انحرفت بمقدار ٢/١٠ من ١٠ = ٢ متر وهكذا .




( شكل ٢٢ )

نموذج للمقياس الشبكى ( ب )

أما الشكل ٢٢ فيبين المقياس الخطى نفسه ولكن بمجرد النظر اليه نجد أن اتجاه تدريج المقياس الشبكى ( المقياس الرأسى ) فيه مخالف لاتجاهه فى الشكل السابق . والسبب فى هذا الاختلاف هو اتجاه ميل الخطوط المكونة له . ولذلك نجـد أن تدريج الوحدات على المقياس الرأسى يتم بطريقة عكسية عن مثيله فى الشكل السابق .

وهناك طريقة أخرى لإنشاء المقياس الشبكى تعتمد على نظريات تشابه المثلثات فى الهندسة المستوية أيضاً .

مثال — إرسم مقياس رسم شبكيا يقرأ أمتاراً صحيحة لخريطة مقياس رسمها ١/٢٠٠٠ .

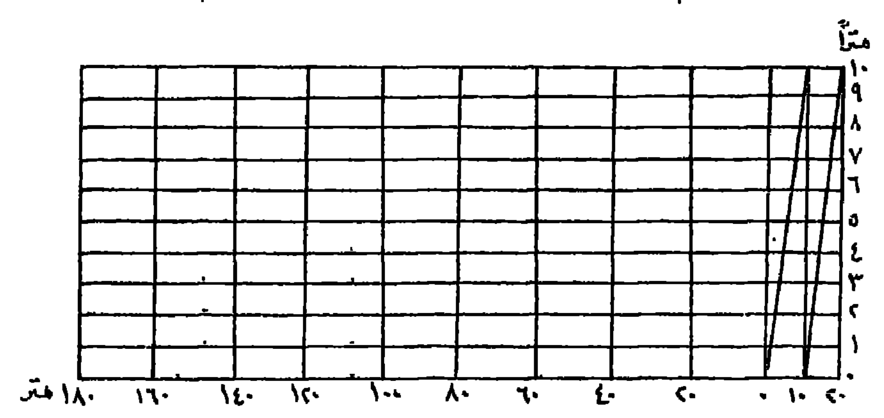
الحل — حيث أن المقياس المطلوب إنشاؤه هو ١/٢٠٠٠ ينتج أن

٢٠٠٠ متر على الطبيعة يقابلها ١٠٠ سنتيمتر على الخريطة .

∴ ٢٠ متراً على الطبيعة يقابلها ١ سنتيمتر على الخريطة .

على ذلك نقوم برسم المقياس الشبكى بنفس الطريقة السابقة ولكن بدلاً من تقسيم الوحدات الموجودة على يمين الصفر الى عشر وحدات مثلا نكتفى بتقسيمها الى قسمين فقط يمثل كل

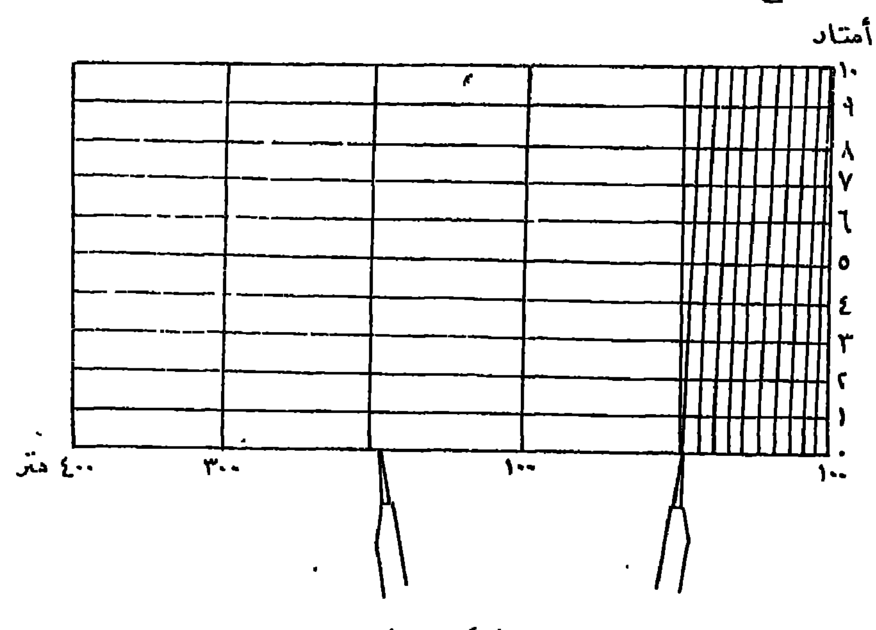
منهما ١٠ أمتار. ونقسم المقياس الرأسى الى عشرة أقسام يمثل كل قسم منها مترا واحداً .




( شكل ٢٣ )
نموذج آخر للمقياس الشبكى

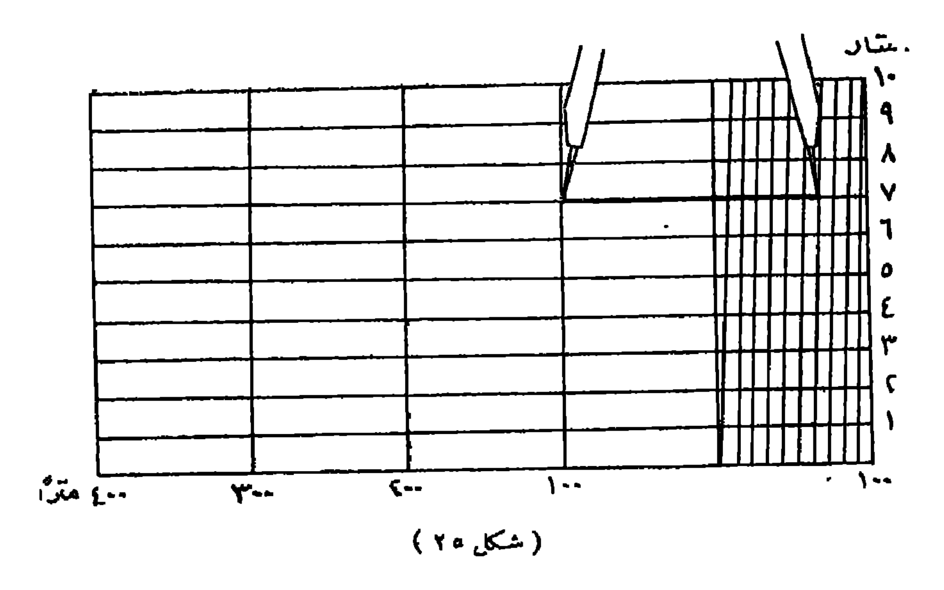
## كيفية تعيين أى طول على الخريطة باستعمال المقياس المرسوم عليها :

لتعيين أى طول على الخريطة باستعمال المقياس المرسوم فى أسفلها نأتى بفرجار التقسيم ذى السنين ونفتحه فتحة تساوى هـــذا الطول بالضبط ونضع سن الفرجار الأيمن على صفر تدريج المقياس الأفقى ، ونلاحظ موضع نقطة تقاطع السن الأيسر مع خط المقياس فنجد أنها تقع بين العددين ١٠٠ ، ٢٠٠ من الأمتار مثلا كما فى شكل ٢٤ .




( شكل ٢٤ )

فننقل سن الفرجار الأيسر إلى نقطة التدريج التى تقع على يمينه مباشرة وهى ١٠٠ ؛ ونجعل السن الأيمن ينطبق على خط القياس الأفقى ثم نحرك الفرجار بحيث يكون دائماً موازياً لوضعه الأول ، ويكون السن الأيسر منطبقاً دائماً على العموم القائم من نقطة تدريج الـ ١٠٠ متر . ونستمر فى تحريك الفرجار على هذا النحو حتى يقابل السن الأيمن أى خط من خطوط المقياس الشبكى المائلة ويكون السنان فى الوقت نفسه على خط واحد من الخطوط الموازية لخط المقياس الأفقى كما فى شكل ( ٢٥ ) فنقرأ طول البعد المطلوب قياسه من واقع التدريجات المحصورة بين سنى الفرجار . وواضح من الشكل أنه يساوى ١٦٧ متراً .




( شكل ٢٥ )

ويلاحظ أن السن الأيمن للفرجار هو الذى يعين قراءة القياس الشبكى ، أى أن الوحدات وأجزائها تقرأ دائماً على يمين صفر تدريج المقياس الأفقى .

## مقياس الرسم مفتاح لتصنيف الخرائط :

إن مقياس الرسم يمكن أن يكون مفتاحاً لتصنيف Classification الخرائط ، ويمكن أن يساعدنا إلى حد كبير فى معرفة النوع الذى تنتمى إليه الخريطة .

فالخرائط المليونية والأصغر من ذلك غالباً ما تكون خرائط للمصورات الجغرافية فقط Atlas maps . ومثل هذه الخرائط توضح لنا صورة عامة لسطح الأرض وشكل القارات ونظام الحدود السياسية للدول وطبيعة الجبال والصحارى ، كما توضح المدن والموانى

Converted by Tiff Combine - (no stamps are applied by registered version)



الهامة وكذلك الأنهار الرئيسية والطرق البحرية الرئيسية .

كما يمكننا أن نصنف تحت عنوان الخرائط الطبوغرافية Topographic maps الخرائط ذات المقياس المحصور بين ١ : ١٠٠٠٠٠٠ ، ١ : ١٠٠٠٠ . فهذه الخرائط يمكن أن تشتمل على تفاصيل أكثر ، ومن ثم تحقق كثيراً من الأغراض المدنية والحربية . وكبر مقياس رسمها يجعلها لا توضح الأنهار الرئيسية فحسب بل وجداول المياه الصغيرة والغابات والبرك والمستنقعات والتلال المنخفضة ، كما أنها لا تكتفى بتمثيل الطرق البرية الرئيسية بل توضح أيضاً المدقات الصغيرة والمناجم والعيون والآبار المستخدمة فى الشرب . . . . الخ .

أما الخرائط التى تزيد مقياس رسمها على $\frac{١}{١٠٠٠٠}$ فإنها تندرج ضمن الخرائط التفصيلية Cadastral maps التى توضح بوجه خاص التقسيمات العقارية Estate divisions ومن ثم فهى توضح كل الملامح الحضارية للمنطقة ، مثل البيوت والمدارس ومحطات السكك الحديدية ومكاتب الشرطة ومراكز إطفاء الحرائق وغيرها من المعالم الرئيسية للمنطقة . وواضح أن هذا النوع الأخير من الخرائط هو أقل أنواع الخرائط اجتذاباً لاهتمام الجغرافى .

وكثيراً ما تشتهر إحدى الخرائط بمقياس رسمها فقط . وأشهر مثال على ذلك هو خريطة العالم المليونية التى اقترحها البرخت بنك A. Penck ووضعت مواصفاتها فى عدة مؤتمرات جغرافية دولية . والمقصود بخريطة العالم المليونية ليس إنشاء مليون خريطة للعالم بل إنشاء خريطة واحـــدة للعالم بمقياس رسم $\frac{١}{١٠٠٠٠٠٠}$ أو بوصة لكل ١٥٫٧٨ ميل .

# قياس الأبعاد على الخريطة

عند قياس أى بعد على الطبيعة تعترضنا مشكلتان أساسيتان :

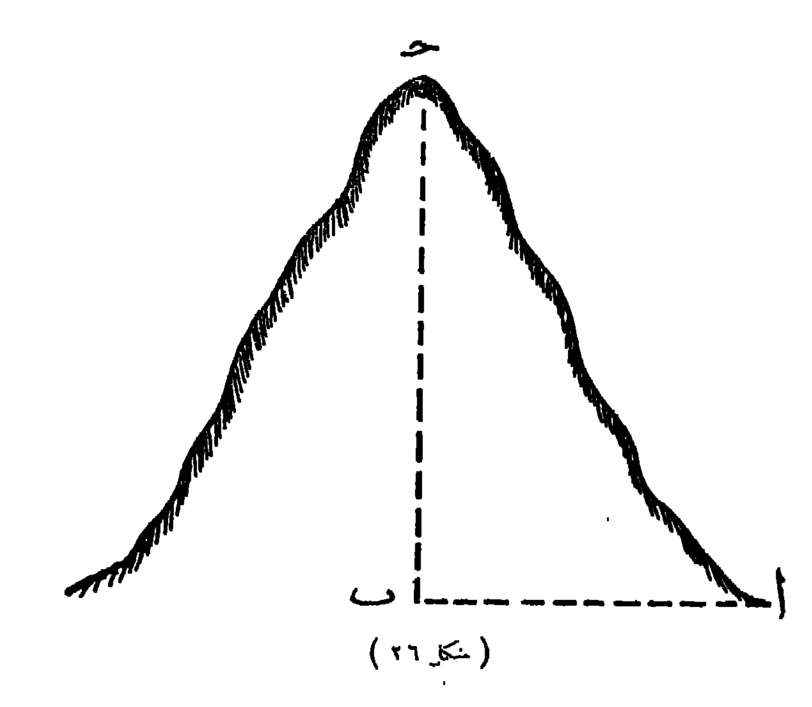
المشكلة الأولى خاصة بكروية الأرض Sphericity of the Earth واستحالة تمثيل هذا السطح الكروى على لوحات مسطحة من الورق تمثيلا صحيحاً مطابقاً لما هو كائن فى الطبيعة مهما كان نوع المسقط المستعمل فى الرسم . فالمعروف أن أية مسافة بين نقطتين على سطح الأرض إنما تمثل جزءا من دائرة عظمى ، ولما كانت خرائط الكرة أو أجزائها تمثل جميعها على لوحات مسطحة فإن قياس أية مسافة على مثل تلك الخرائط لا يمكن أن يبلغ حد الكمال المطلق مهما كان القياس دقيقا .

وقد أمكن التغلب على هذه المشكلة بوضع جداول وقوانين رياضية خاصة تساعد الباحث على القياس الصحيح ، وذلك بمعرفة الأطوال الحقيقية لأقواس الطول ودوائر العرض.

وتعتبر الخرائط الطبوغرافية أصلح أنواع الخرائط للقياس لأنها تمثل وحدات مساحية صغيرة ومطابقة لسطح الكرة إلى حد كبير . فإذا لم يكن هناك بد من القياس على خرائط من نوع آخر فليكن ذلك فى حدود عشر درجات طولية وعرضية من مركز الخريطة . أما ما هو أبعد من ذلك فلا بد لدقة القياس فيه من الاستعانة بالجداول والقوانين الرياضية المخصصة لذلك .

هذا ولا يخفى أن أدق قياس للأبعاد هو ما كان مأخوذاً على سطح كرة أرضية دقيقة الصنع .

وأما المشكلة الثانية فهى مشكلة التضرس الموجودعلى سطح الأرض. فهذه الارتفاعات والانخفاضات التى نشاهدها فى الطبيعة لا تمثلها على الخريطة إلا ظلال أو خطوط كنتورية . فالبعد الجغرافى بين نقطتين على الخريطة إحداهما مرتفعة والأخرى منخفضة أقصر من البعد الفعلى بينهما على الطبيعة . ويوضح هذا القول ( شكل ٢٦ ) حيث نجد البعد بين ا ، حـ على الطبيعة يمثله البعد ا ب على الخريطة . والفرق واضح بين طول ا حـ وطول ا ب .




( شكل ٢٦ )

وللتغلب على تلك المشكلة فى القياس يعمل قطاع طولى — بالطريقة التى سنشرحها فيما بعد — على طول المسافة المراد قياسها على الخريطة ، فنحصل بذلك على الطول الحقيقى للخط ا حـ على الطبيعة .

## طرق القياس :

تقاس المسافات على الخريطة بإحدى الطرق الآتية :

### ١ — بواسطة المسطرة العادية :

وذلك لقياس المسافات المستقيمة . وبعد معرفة طول المسافة بالسنتيمتر أو بالبوصة يمكننا الحصول على الطول الحقيقى لها على الطبيعة بالاستعانة بمقياس رسم الخريطة .

### ٢ — بواسطة الخيط :

إذا كان الخط المراد قياسه على الخريطة متعرجا فيمكننا قياسه بواسطة خيط رفيع نضع مبدأه على مبدأ الخط بالضبط ثم نسير به فوق الخط بكل دقة متتبعين كل ثنية من ثناياه حتى نهايته . ثم نشد الخيط بعد ذلك فوق مسطرة عادية لنرى طوله بالسنتيمترات إذا كان المقياس المستعمل فى الخريطة كيلومتريا أو بالبوصات إذا كان المقياس ميليا ، ونقارن هذا الطول بمقياس الرسم فنحصل على طول الخط الذى تم قياسه على الطبيعة .

٣ — بواسطة المقسم : Divider

وهو عبارة عن فرجار ذى سنين ، نفتحه فتحة ضيقة (½ أو ¼ سنتيمتر مثلا ) ثم ننقله فوق الخط المراد قياسه من مبدئه إلى نهايته ، مع مراعاة أننا لا نرفعه عن الخط إلا فى نهايته وبإحصاء عدد المرات التى نقلنا فيها هذا المقسم فوق الخط نستطيع أن نعرف طوله بالسنتيمترات ومن ثم يمكن معرفة طوله على الطبيعة من مقياس رسم الخريطة .

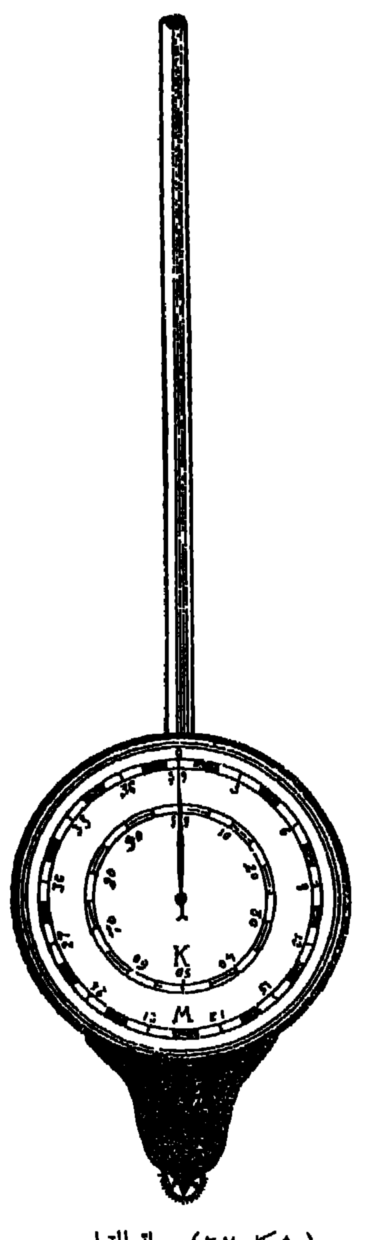
٤ — بواسطة عجلة القياس : Opisometer

وهى أسرع وأدق وسيلة لقياس المسافات وبخاصة المسافات المتعرجة . والعجلة مركبة من قرص أبيض مستدير عليه دائرتان مرسومتان من مركز القرص . وهاتان الدائرتان مقسمتان إلى أقسام مختلفة عن بعضهما ، وهذا التقسيم وضع على أساس مقياس رسم معين لكل دائرة منهما .

فالدائرة الصغرى مقسمة إلى ٩٩ قسما وكل قسم منها يساوى كيلومترا واحداً على اعتبار أن مقياس الرسم المستعمل فى الخريطة التى نقيس عليها هو سنتيمتر لكل كيلو متر .

أما الدائرة الكبرى فمقسمة إلى ٣٩ قسما ، وكل منها يساوى ميلا ، وذلك على اعتبار أن مقياس الرسم المستعمل فى الخريطة التى نجرى عليها القياس هو بوصة لكل ميل .

وهناك عقرب رفيع يتحرك من مركز القرص مشيراً إلى أقسام الدائرتين ، ويتحكم فى حركته ترس صغير مسنن فى أقصى الطرف الأسفل للعجلة ، وقد وضع فوق الترس مؤشر صغير له طرف مدبب نستعمله فى تحديد بدء القياس ونهايته .




( شكل ٢٧ ) عجلة القياس

طريقة استعمال العجلة :

قبل البدء فى استعمال العجلة لا بد من التأكد من أن العقرب يشير إلى صفر القياس على الدائرتين . وصفر القياس على دائرة الكيلو مترات هو القسم التاسع والتسعون نفسه كما أن صفر قياس دائرة الأميال هو القسم التاسع والثلاثون .

بعد ذلك نمسك بالعجلة من يدها ونضعها فى وضع رأسى على الخريطة بحيث يلامس الترس الأسفل بداية الخط المراد قياسه بالضبط ونستعين فى تحديد بداية الخط هنا بالمؤشر الصغير الموضوع فوق الترس .

ثم نبدأ فى تحريك العجلة فوق الخط المراد قياسه تماما بحيث يكون دوران العقرب فى اتجاه دوران عقرب الساعة ، وبحيث نتتبع كل ما فيه من تعرجات بمنتهى الدقة . وفى نهاية الخط نرفع العجلة ونقرأ الرقم الذى يشير إليه العقرب على دائرة الأميال إذا كان القياس المستعمل ميلياً ، أما إذا كان القياس كيلومتريا فتكون القراءة على دائرة الكيلو مترات ، وبهذا تدلنا القراءة على طول تلك المسافة مباشرة وذلك إذا كان القياس المستعمل هو $\frac{١}{١٠٠٫٠٠٠}$ أو $\frac{١}{٦٣٣٦٠}$ .

أما إذا كان مقياس رسم الخريطة مخالفا لهذين القياسين فلا بد من إجراء حساب خاص لها . فمثلا فى الخرائط السيونية ( ١ : ١٫٠٠٠٫٠٠٠ ) أى سنتيمتر لكل ١٠ كيلو مترات إذا قسنا خطاً بالعجلة وكان طوله ١٥ سنتيمترا على الخريطة فإن عقرب العجلة سيشير إلى رقم ١٥ على العجلة على دائرة الكيلو مترات . ويكون طول ذلك الخط على الطبيعة فى تلك الحالة ١٥ × ١٠ = ١٥٠ كيلو متراً .

وفى خرائط ٤ بوصة للميل إذا سجلت العجلة ١٢ على دائرة الأميال فمعنى ذلك أن طول الخط على الطبيعة = ٣ أميال فقط .

وهكذا نجد أننا مضطرون لإجراء عملية حسابية بسيطة للحصول على النتيجة الصحيحة للقياس فى جميع الخرائط التى تختلف مقاييسها عن القياسين المذكورين $\frac{١}{١٠٠٫٠٠٠}$ ، $\frac{١}{٦٣٣٦٠}$ .

# قياس المساحات من الخرائط

من الأمور التي يجب مراعاتها عند قياس المساحات أن تكون الخرائط المستعملة لهذا الغرض من النوع المرسوم على أساس مسقط من مساقط المساحات المتساوية Equal Area Projections التي سيأتي الكلام عنها في الفصل الخاص بالمساقط .

وهناك طريقتان أساسيتان لقياس المساحات من الخرائط :

أولا : طرق تخطيطية Graphical methods .

ثانياً : طرق آلية Insrumental methods .

ومع أنه يمكن قياس مساحة أي منطقة من واقع الأطوال المقيسة في الطبيعة ومع أن هذه الطريقة أدق من حيث النتيجة النهائية لعدم وجود أثر فيها لأخطاء الرسم الناشئة عن عدم توخي الدقة التامة في توقيع القياسات المأخوذة من الطبيعة في الخريطة عند الرسم فإن حساب المساحات من الخرائط هو الأكثر شيوعيا .

وقد بنيت الطرق المستعملة في حساب المساحات من الخرائط على فروض رياضية مختلفة يجب لزيادة ضبط النتيجة أن تطبق الطريقة الأكثر ملاءمة للشكل المرسوم . وقد استخدمت هذه الفروض الرياضية في كلتا الطريقتين، التخطيطية والآلية حيث تعمل الأجهزة المستخدمة في حساب المساحات وفقاً لهذه القوانين .

## ( أولا ) الطرق التخطيطية

تعالج الطرق التخطيطية نوعين أساسيين من المساحات ، إما مساحات محددة بخطوط مستقيمة وإما مساحات محددة بخطوط منحنية .

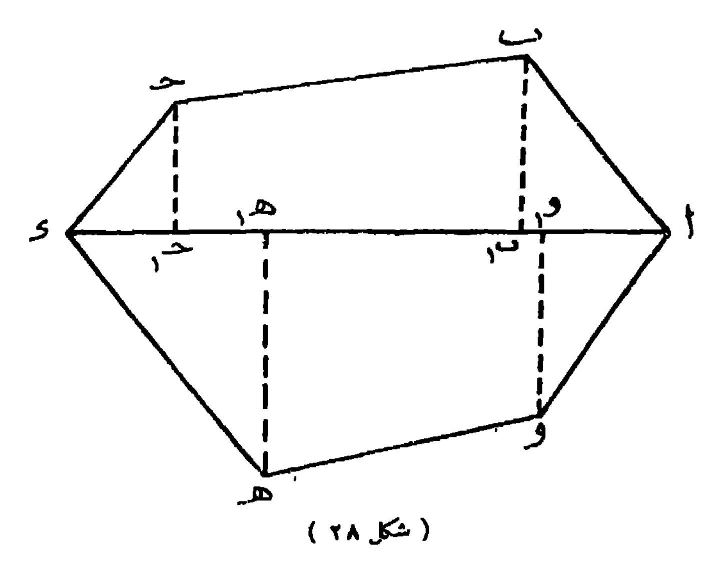
### ( ا ) الأشكال المحددة بخطوط مستقيمة :

ينحصر إيجاد مساحة أي شكل محدد بخطوط مستقيمة في تقسيمه إلى مثلثات وأشباه منحرفات ، أو بمعنى آخر إلى أشكال يمكن إيجاد مساحتها مباشرة بتطبيق القوانين الرياضية المعروفة . وأحسن طريقة متبعة في هذا التقسيم هي رسم خط مستقيم يعرف بخط القاعدة تنزل عليه أعمدة من رؤوس المضلع فتتكون مجموعة المثلثات وأشباه المنحرفات التي تحسب منها

مساحة المضلع ، ويختلف اختيار موضع خط القاعدة بالنسبة للشكل تبعا لاختلاف الشكل نفسه . وهناك حالات كثيرة سنقتصر على ذكر حالتين منها :

١ - إذا كان خط القاعدة داخل الشكل :

إذا كان المضلع المطلوب إيجاد مساحته كالبين فى ( شكل ٢٨ ) فنعتبر خط القاعدة هـو الخط ا د وننزل الأعمدة من رءوسه على الخط ا د ونقيس طول كل عمود وكذا بعد كل عمود على الخط ا د عن نقطة ا . وبإيجاد مساحة هـــذه المثلثات وأشباه المنحرفات التى قسم إليها المضلع وجمعها على بعضها تنتج مساحة المضلع أى مساحة الشكل المراد قياس مساحته . ويتم هذا القياس وفقاً للقوانين الآتية :




( شكل ٢٨ )

مساحة المثلث $=\frac{1}{2}$ القاعدة × الارتفاع ( بمعلومية القاعدة والارتفاع ) .

ومساحة المثلث $= \sqrt{ح(ح - أَ)(ح - بَ)(ح - حَـ)}$ ( بمعلومية أضلاعه الثلاثة ) .

حيث ح $=\frac{1}{2}$ محيط المثلث

$$= \frac{أَ + بَ + حَـ}{٢}$$

وحيث أَ ، بَ ، حَـ = أطوال أضلاع المثلث

ومساحة المثلث القائم = حاصل ضرب ضلعى الزاوية القائمة .

ومساحة المثلث المتساوى الأضلاع = ¼ س٢ × √٣
= ٠٫٤٣٣ س٢

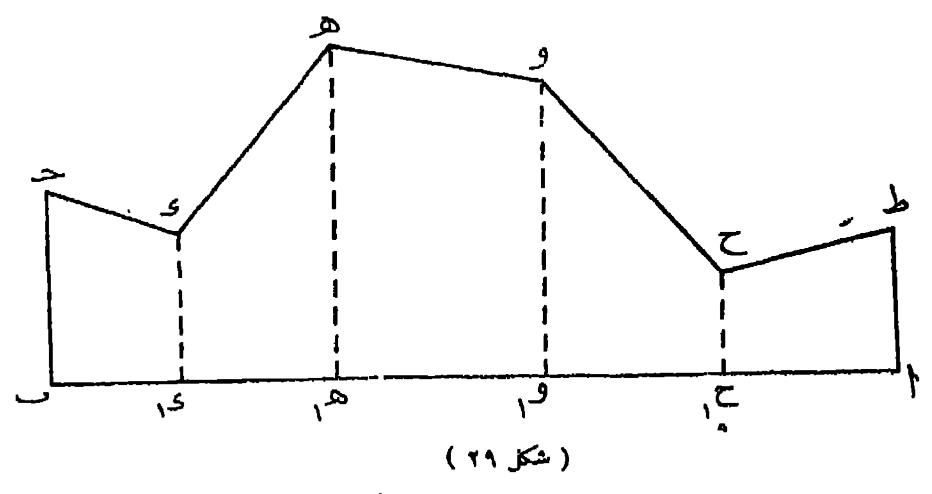
حيث س = طول ضلع المثلث .

ومساحة شبه المنحرف = (مجموع القاعدتين المتوازيتين / ٢) × الارتفاع

ويمكن لزيادة تسهيل العمل أن يقسم كل شبه منحرف إلى مثلثين حتى تكون العمليات الحسابية كلها من نوع واحد .

٢ — إذا كان خط القاعدة يطابق أحد خطوط الشكل :

فى هذه الحالة تقع جميع رءوس المضلع فى إحدى جهتى أطول أضلاعه ، وليكن ا ب الذى يعتبر خط قاعدة . وفى هذه الحالة يحدد الشكل من جانبيه بالعمودين ا ط ، ب حـ ، وتعتبر هذه الحالة كأنها مساحة محصورة بين خط القاعدة ا ب وخط الحدود ( حـ د هـ و ح ط ) وحينئذ تكون الأعمدة ب حـ ، د١ د ، هـ١ هـ ، و١ و ، ح١ ح ، ا ط ، عبارة عن إحداثيات نقط الحدود على خط القاعدة . ويمكن أن نوجد المساحة بأن نجمع مساحات أشباه المنحرفات التى قسمنا إليها الشكل .




( شكل ٢٩ )

وهناك طريقة أخرى أسهل فى العمل بأن ندون الأبعاد التى تم قياسها على هيئة الجدول الآتى الذى تم تشكيله على أساس النظرية القائلة بتكافؤ المثلثات التى تتحد فى القاعدة وتقع

رءوسها على خط واحد مواز للقاعدة . وتحسب ضعف المساحة بناء على هـــذه النظرية كالآتى :

| المسافة من ا إلى ب | طول العمود | ضعف المساحة: القاعدتان | × المسافة الأفقية | = الناتج |
|---|---|---|---|---|
| صفر | ٨ | ٨ + ٥ = ١٣ | ١٢ — صفر = ١٢ | ١٥٦ |
| ١٢ | ٥ | ٥ + ١٠ = ١٥ | ٢٥ — ١٢ = ١٣ | ١٩٥ |
| ٢٥ | ١٠ | ١٠ + ١٢ = ٢٢ | ٤٢ — ٢٥ = ١٧ | ٣٧٤ |
| ٤٢ | ١٢ | ١٢ + ٧ = ١٩ | ٥٣ — ٤٢ = ١١ | ٢٠٩ |
| ٥٣ | ٧ | ٧ + ٩ = ١٦ | ٦٩ — ٥٣ = ١٦ | ٢٥٦ |
| ٦٩ | ٩ | | | |
| | | | المجموع ........... | ١١٩٠ |
| | | | | ÷ ٢ |
| | | | ∴ مساحة الشكل ..... | ٥٩٥ |

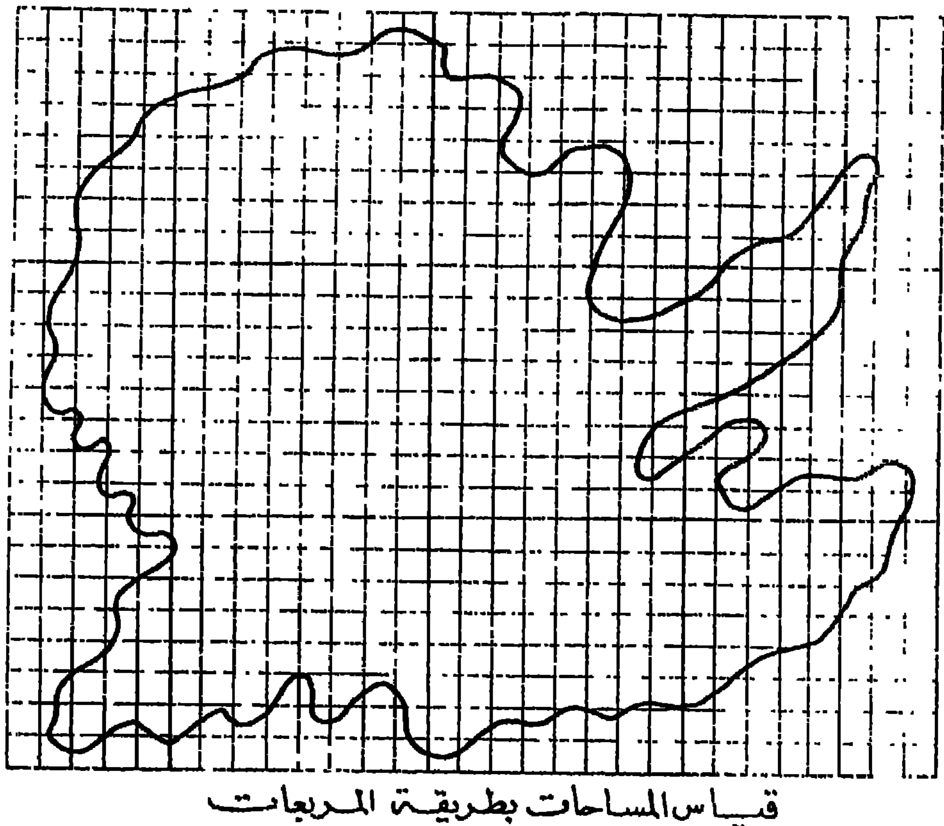
ب ــ الأشكال المحددة بخطوط منحنية :

هنالك عدة طرق لإيجاد مساحة الأشكال المحدودة بخطوط منحنية ولكننا سنقتصر على ذكر أهمها . وكل هذه الطرق تعتمد على قوانين رياضية ولكننا سنكتفى هنا ببيان الصيغة القانونية فقط وكيفية تطبيقها دون بيان كيفية اشتقاق هذه القوانين ، وأهم هـــذه الطرق ما يأتى :

١ ــ طريقة المربعات The method of squares

تتلخص طريقة المربعات فى تغطية المساحة المراد قياسهـــا بشبكة من المربعات الدقيقة الصغيرة ، ثم إحصاء عددها ، وبمعرفة مساحة مربع واحد منها وضربها فى عدد المربعات التى تغطى الشكل نحصل على المساحة الكلية للشكل المطلوب . ولا بد ــ لزيادة الدقة ــ من حساب مساحة المربعات الناقصة والمثلثات التى توجد على أطراف الشكل ، وضمها إلى مساحة

المربعات السابقة . وبالرجوع إلى مقياس رسم الخريطة نستطيع أن نعرف المساحة الحقيقية المنطقة المقيسة على الطبيعة .



قياس المساحات بطريقة المربعات

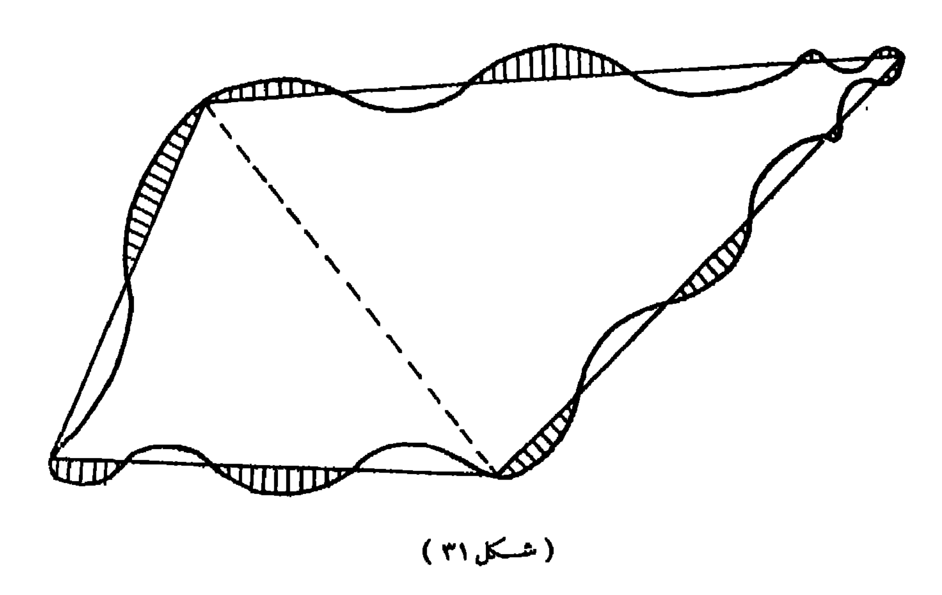
( شكل ٢٠ )

وهذه بلا شك طريقة معقدة ومليئة لا نستطيع أن نخرج منها بنتيجة صحيحة مائة في المائة في كل حالة نظراً لما تتطلبه من دقة متناهيــــة في رسم المربعات بحيث لا تكون هناك مستطيلات أو أشكال منحرفة مع المربعات ، وبحيث تكون الخطوط التي نرسم بها تلك المربعات دسمك متناه في الدقة بمعنى أن تكون رفيعة جدا ولا يختلف سمكها من خط لآخر . وحتى إذا تحققت كل هذه الدقة فإننا لن نحصــل على النتيجة الصحيحة تماما إلا إذا عملنا حساب المساحة التي تحتلها خطوط المربعات في الشكل وإضافتها إلى مساحة المربعات التي حصلنا عليها ، الأمر الذي يصعب الوصول إليه من الناحية العملية .

٢ – طريقة المضلع : The method of polygon

تتلخص هــــذه الطريقة في تحويل الشكل إلى مضلع مكافئ له في المساحة وهذا بأن

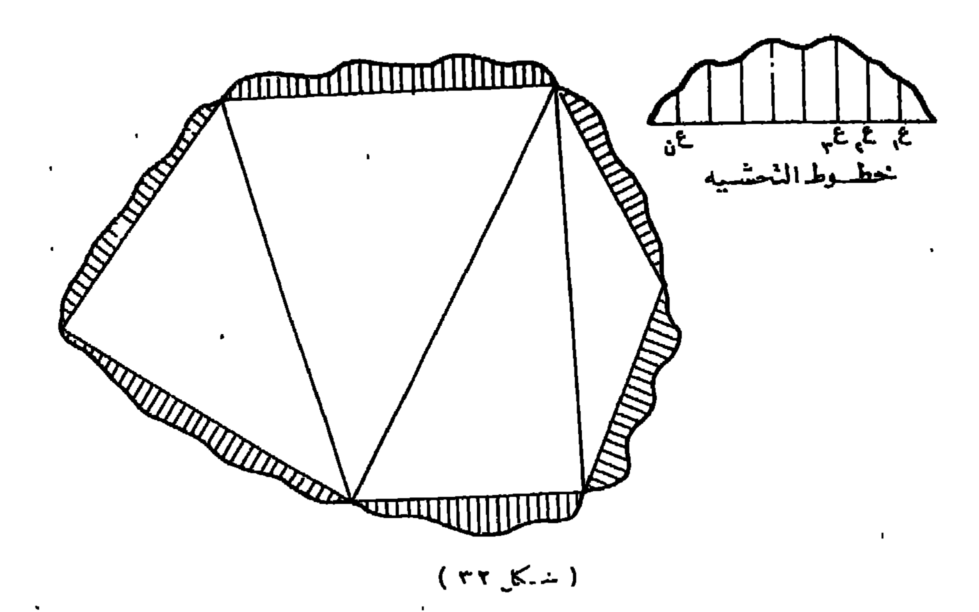
يراعى فى رسم أضلاعه على الشكل أن يقطع كل منها المنحنى على شرط أن يفصل من الشكل جزءان متساويان ما أمكن يقطع أحدهما خارج الخط المستقيم والآخر داخله ، وقد نضطر الحال أحيانا أن يقطع الضلع المنحنى فى أكثر من ثلاث نقط . وفى هذه الحالة يجب مراعاة توفر الشرط السابق فى الأجزاء المضافة للشكل والمحذوفة منه . وتعرف أضلاع المضلع المرسوم على الشكل بخطوط الحذف والإضافة Cut and Fill وفقاً لوظيفتها . ويرى من ( شكل ٣١ ) أن الأجزاء المهشرة بخطوط مساوية لتلك التى تركت بدون تهشير ، والأولى مضافة للشكل بينما الثانية محذوفة منه .



( شكل ٣١ )

وبهذه الطريقة ننتقل من حساب مساحة الشكل الأصلى إلى حساب مساحة المضلع الناتج التى توجد بتقسيمه إلى مثلثات يسهل حساب مساحتها وفقا للقوانين التى ذكرناها .

ويستحسن فى تطبيق هذه الطريقة أن ترسم عدة مضلعات وتوجد مساحة كل منها على حدة وتعتبر المساحة الحقيقية للشكل هى المساحة المتوسطة لجميع هذه المضلعات ، هـذا مع مراعاة ألا يكون الفرق بين مساحة المضلعات المختلفة كبيراً .




( شـكل ٣٢ )

ويمـكن تطبيق طريقة المضلع هذه بدون أن تتقاطع خطوط المضلع مع الشـكل نفسه بل تمر بداخله ولـكن رءوسها تلامس الشكل من الداخل . ويتضح لنا من ( شـكل ٣٢ ) أنه يمـكن بعد رسم المضلع تقسيمه من الداخل إلى مجموعـــة من الثلثات يمـكن حساب مساحتها بسهولة . أما القطع الواقعـة خارج المضلع والتى يرتـكز كل منها على ضلع من أضلاعه فإننا نقيم على هذه الأضلاع خطوط تحشية Offsets بفاصل أفقى موحـد ثم تحسب مساحتها وفقا للقانون الآتى :

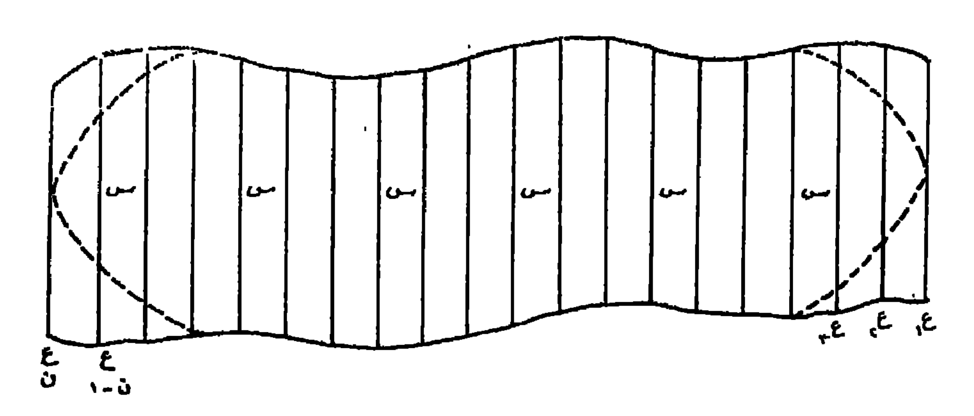
$$\text{المساحة} = \frac{\text{ل} \left( \text{ع} + \text{ع}_1 + \text{ع}_2 + \cdots\cdots\cdots \text{ع}_{\text{ن}} \right)}{\text{ن}}$$

حيث ل = طول خط القاعدة .

وحيث $\text{ع}_1$ ، $\text{ع}_2$ ...... $\text{ع}_{\text{ن}}$ = طول كل خط من خطوط التحشية .

٣ — قاعدة شبه المنحرف : Trapezoidal Rule

ينحصر تطبيق هذه الطريقة فى تقسيم الشكل إلى عدة أشرطة عرضية متساوية العرض بواسطة رسم خطوط رأسية متوازية ومتساوية البعد عن بعضها . وتوجد المساحة بفرض أن كل شريط عبارة عن شبه منحرف أو بمعنى آخر أن كل جزء من خط الحدود المنحنى والمحصور بين كل خطين رأسيين متجاورين عبارة عن خط مستقيم .




( شكل ٣٣ )

فلإيجاد المساحة المبينة فى ( شكل ٣٣ ) نفرض أن أطوال الخطوط الرأسية المرسومة هى على الترتيب $\text{ع}_1$ ، $\text{ع}_2$ ، $\text{ع}_3$ ، ······· ، $\text{ع}_{\text{ن}-2}$ ، $\text{ع}_{\text{ن}-1}$ ، $\text{ع}_{\text{ن}}$ .

وتوجد المساحة بتطبيق القانون الآتى :

$$\text{مساحة الشكل} = \text{س} \left( \frac{\text{ع}_1 + \text{ع}_{\text{ن}}}{2} + \text{ع}_2 + \text{ع}_3 + \cdots\cdots + \text{ع}_{\text{ن}-1} \right)$$

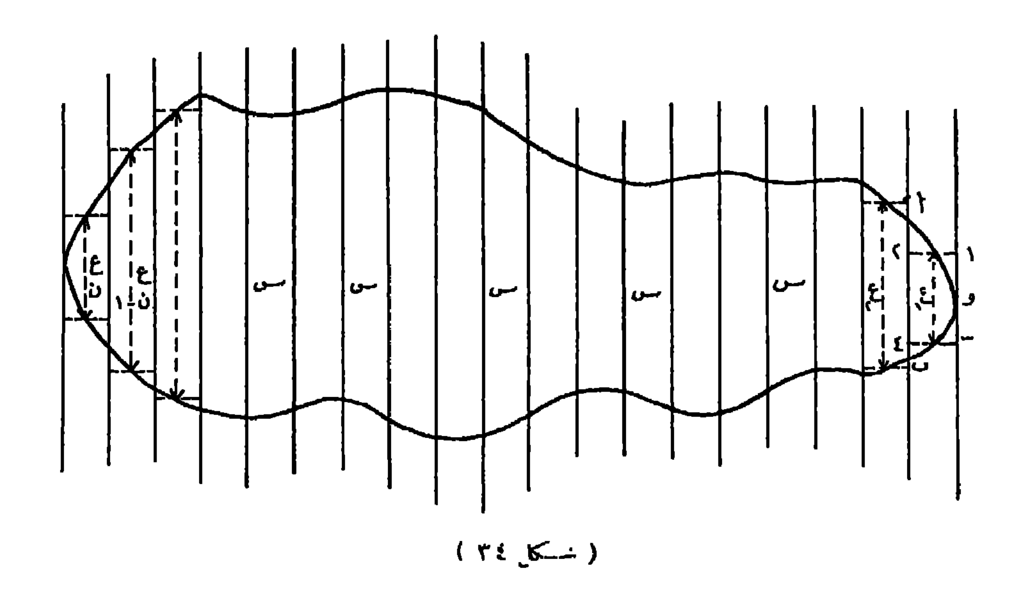
حيث س = العرض المشترك فى الأشرطة .

ويمكن البرهنة على صحة هذا القانون بإيجاد مساحة كل شريط على حدة وجمعها مع بعضها . وإذا كان الشكل مدبب الطرفين ، كما هو مبين بالخط المجزأ ، فإن كلا من $\text{ع}_1$ ، $\text{ع}_{\text{ن}}$ يصير صفراً وعلى ذلك يصبح القانون كالآتى :

$$\text{مساحة الشكل} = \text{س} \left( \text{ع}_2 + \text{ع}_3 + \cdots\cdots + \text{ع}_{\text{ن}-1} \right)$$

٤ — <u>طريقة الشرائح :</u> Strip Method

فى هذه الطريقة نقوم بتقسيم الشكل المطلوب إيجاد مساحته إلى شرائح أو أشرطة كما سبق شرحه فى الطريقة السابقة ، وتحول كل شريحة إلى مستطيل مكافئ لها فى المساحة ويشترك معها فى العرض ، وذلك برسم خطوط الحذف والإضافة وفق ما سبق بيانه فى طريقة المضلع .



( شكل ٣٤ )

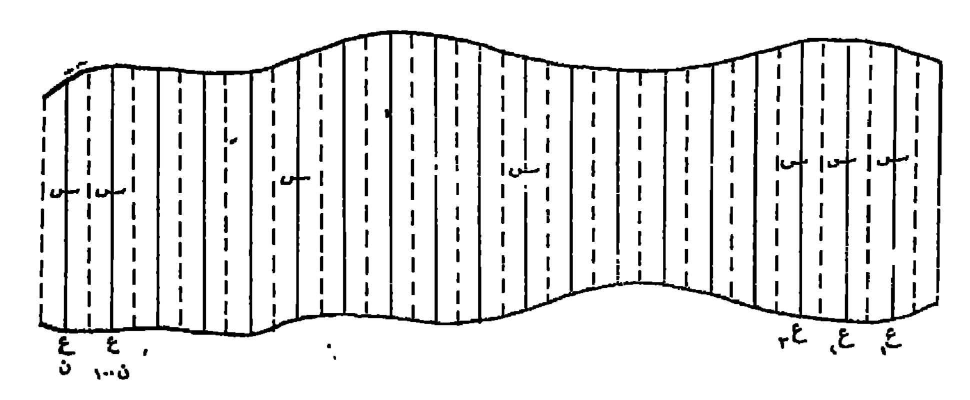
فلايجاد مساحة أحد الأشرطة المقسم إليها السطح المبين فى ( شكل ٣٤ ) وليكن الشريط ا ب و مثلا نجرى الآتى :

نرسم على ا ب مستطيلا مكافئا للشريط فى المساحة ومشتركا معه فى العرض س وذلك نرسم خطى الحذف والإضافة ١ ـ ٢ ، ٣ ـ ٤ ، ونقيس الارتفاع المحصور بينهما ، وليكن ع$_{1}$ فيكون هو ارتفاع المستطيل المطلوب . وبضرب هذا الارتفاع فى العرض س تنتج مساحة المستطيل أو بمعنى آخر مساحة الشريط .

ونوجد كذلك ارتفاعات المستطيلات المكافئة للاشرطة الباقية ، ولتكن ع$_{2}$ ، ع$_{3}$ ، ع$_{4}$ ، ......... ، ع$_{ن}$ على التوالى . ونحسب مساحة الشكل بأن تساوى مساحته :

$$س \times ( ع_{1} + ع_{2} + ............ + ع_{ن} )$$

وهناك حالة ثانية تطبق فيها طريقة الشرائح ولكن بصورة أبسط من الطريقة السابقة . وتتلخص هذه الطريقة فى تقسيم الشكل إلى أشرطة عرضية متساوية العرض ، كما سبق بيانه ، وتوجد مساحة كل شريط بفرض أنها تساوى مساحة مستطيل مشترك معه فى العرض وارتفاعه يساوى الخط الرأسى المرسوم من منتصف هذا العرض .




( شكل ٣٥ )

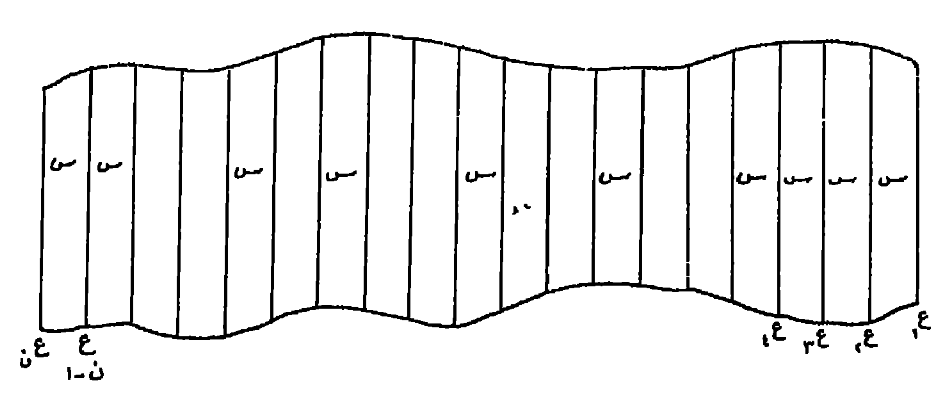
فبفرض أن أطوال هـذه الخطوط الرأسية المرسومة فى منتصفات عروض الأشرطـة المقسم إليها ( شكل ٣٥ ) هى على الترتيب :

$ع_١$ ، $ع_٢$ ، $ع_٣$ ، . . . . . . . . ، $ع_{ن-١}$ ، $ع_ن$ .

وأن العرض المشترك فى كل الأشرطة هو س

فإن المساحة = س ( $ع_١$ + $ع_٢$ + $ع_٣$ + . . . . . . + $ع_{ن-١}$ + $ع_ن$ )

وهناك حالة ثالثة تستخدم فيها فكرة الشرائح ولكن بصورة أبسط من الحالتين السابقتين . وتتلخص هـذه الطريقة فى تقسيم الشكل المطلوب إيجاد مساحته إلى أشرطة عرضية متساوية العرض . وتحسب هـــذه المساحة بفرض أنها تساوى مساحة مستطيل يساوى طوله مجموع عروض الأشرطة ، وارتفاعـه يساوى متوسط جميع الخطوط الرأسية المكونة للأشرطة .




( شكل ٣٦ )

فإذا فرض وكان فى الشكل رقم (٣٦)،

عدد الأشرطة = ن

عرض كل شريط = س

مجموع الخطوط الرأسية = $\text{ع}_1 + \text{ع}_2 + \text{ع}_3 + \cdots\cdots + \text{ع}_{\text{ن}} + \text{ع}_{\text{ن}+1}$

فإذن الخط الرأسي المتوسط = $\dfrac{\text{ع}_1 + \text{ع}_2 + \text{ع}_3 + \cdots\cdots + \text{ع}_{\text{ن}} + \text{ع}_{\text{ن}+1}}{\text{ن} + 1}$

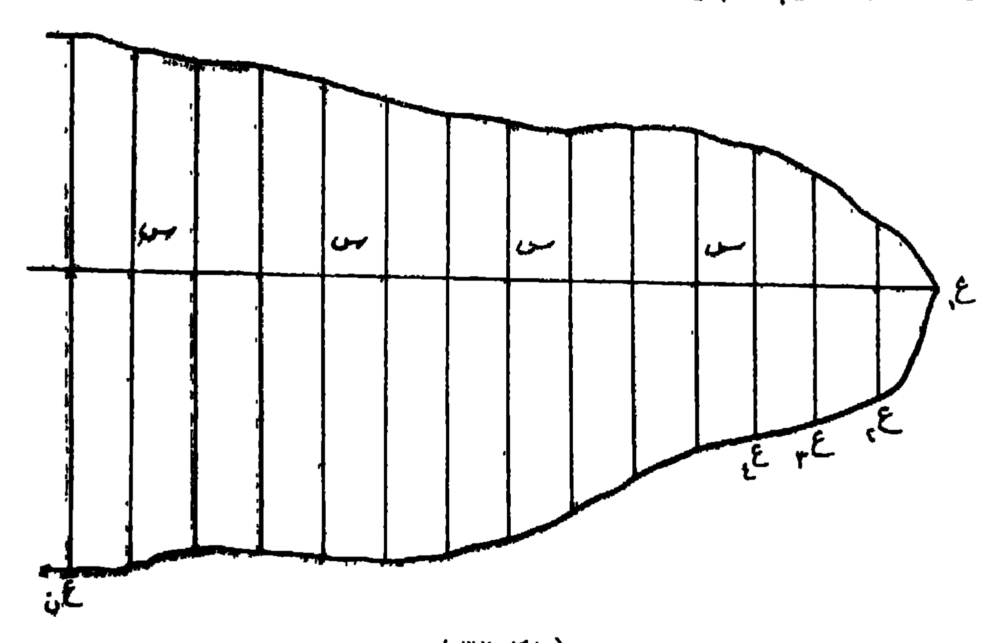
= ل فرضاً

∴ مساحة الشكل = ن × س × ل .

وبالطبع فإن كل هذه الطرق تؤدى إلى نتيجة متشابهة ولكن يجب لزيادة ضبط النتيجة النهائية أن تطبق الطريقة الأكثر ملاءمة للشكل المطلوب حساب مساحته .

ﺟ — قاعدة سمبسن : Simpson's Rule

سنكتفى هنا بذكر قانون سمبسون دون توضيح كيفية اشتقاق هذا القانون . ولكن يجب أن نلاحظ أن الأشكال التى تستخدم هذه القاعدة فى إيجاد مساحتها لابد وأن تكون حدودها عبارة عن منحنى متسق لا توجد به انحناءات حادة ( نقط مدببة ) لأن ذلك مما يضعف ضبط النتيجة النهائية .




( شكل ٣٧ )

ولتطبيق قاعدة سمبسون فى إيجاد مساحة قطعة أرض حدودها منحنية كما فى ( شكل ٣٧ ) نقوم برسم الخط المستقيم ا ب وسط القطعة ويقسم إلى عدد زوجى من الأقسام المتساوية وليكن س مثلا ، ثم نقيم على هذا الخط أعمدة ( إحداثيات ) من نقط التقسيم لتقابل حدود القطعة ثم نعين أطوالها ولتكن $ع_١$ ، $ع_٢$ ، $ع_٣$ ، ........ $ع_ن$ ،

فتكون المساحة $= \frac{س}{٣}$ ( $ع_١ + ع_ن$ ) + ٢ ( $ع_٣ + ع_٥ +$ ..... ) + ٤ ( $ع_٢ + ع_٤ +$ ....... ) .

أى أن المساحة الكلية تساوى حاصل ضرب ثلث المسافة المشتركة فى مجموع الاحداثيين الأول والأخير وضعف الاحداثيات الفردية وأربعة أمثال الاحداثيات الزوجية .

أى أن المساحة $= \frac{س}{٣}$ ( ا + ٢ ب + ٤ حـ )

بفرض أن س = المسافة المشتركة بين الإحداثيات .

ا = مجموع الإحداثيين الأول والأخير .

ب = مجموع الإحداثيات الفردية الترتيب ما عدا الأول والأخير .

حـ = مجموع الإحداثيات الزوجية الترتيب .

وإذا كان عدد الأقسام فرديا يجب أن ننتخب عددا زوجيا من الأقسام ونعين مساحته تبعا لقانون سمبسون والأخير يعين بمفرده .

وطريقة سمبسون هـذه هى أضبط الطرق التخطيطية وتعطى نتائج دقيقة لا سيما فى حالة الاكثار من الاحداثيات الرأسية .

ويراعى فى تطبيق جميع الطرق التخطيطية الخاصة بإيجاد مساحة الأشكال المحددة بخطوط منحنية أن تكون المسافة المشتركة س ( عرض الشريط ) أصغر ما يمكن حتى يكون عدد الأشرطة أكثر ما يمكن وهذا مما يؤثر تأثيرا فعالا فى صحة الفروض المستعملة فى تطبيقها وكذلك فى درجة صحة النتيجة النهائية .

## ( ثانيا ) الطرق الآلية

هناك طريقتان أساسيتان تستخدم فيهما الآلات لمعرفة مساحة الأشكال المختلفة من الخرائط . وهى بدون شك أسرع من الطرق التخطيطية وأكثر دقة ولكنها تعتمد

على نفس القوانين الرياضية السابقة. وقبل شرح طريقة استخدام هذه الأجهزة يجمل بنا أن نعرف شيئا عن الورنية Vernier وطريقة استعمالها حيث أن الورنيات تشكل قطعة هامة فى تركيب هذه الآلات :

الورنية :

الورنية عبارة عن مسطرة صغيرة مستقيمة أو دائرية تنزلق على حافة مقاييس عادية من نفس النوع . وهى تستعمل لتعيين الكسور الصغيرة التى لا يمكن بيانها بدقة عند إنشاء المقاييس العادية . فالمقياس العادى الذى يبين ملليمترات لا يمكن أن يعين كسور المليمتر إلا باستعمال الورنية ، وكذلك الحافة الدائرية التى تبين درجات لا يمكن أن نعين بواسطتها كسور الدرجات إلا باستعمال الورنية أيضا .

وتنقسم الورنيات بالنسبة لنظريات التصميم إلى :

ا — ورنيات أمامية : وفيها تدرج الورنية فى اتجاه تدريج الحافة .

ب — ورنيات خلفية أو عكسية: وفيها تدرج الورنية فى اتجاه مضاد لاتجاه تدريج الحافة وأقسام الورنية العكسية أكبر من أقسام الورنية الأمامية ، وهذا طبعا مما يساعد على تعيين الكسور المطلوبة بدقة كبيرة .

ح — ورنيات مزدوجة : وهى عبارة عن ورنيتين أماميتين مشتركتين فى صفر التدريج ومدرجتين على كلتا جهتيه ، وتكون كل منها فى الحقيقة عبارة عن ورنية مستقلة بمفردها . وتستعمل الورنية المزدوجة فى حالة ما إذا كانت الحافة الدائرية مدرجة فى اتجاهين متضادين .

وفضلا عن ذلك فإن كل نوع من هذه الورنيات مقسم إلى ثلاثة أنواع تستخدم فى قياس مسافات وكسورها بالبوصات أو بالملليمترات أو بالدرجات ، وفكرة تصميمها جميعا واحدة . ولن نتعرض هنا لكيفية اشتقاق قوانينها الرياضية[1] ولا إلى كل أنواعها ، بل سنكتفى بالكلام عن ورنيات البوصة لأنها أكثر شيوعا من ورنيات السنتيمترات أو الدرجات فضلا عن سهولة استخدامها .

---

(١) صممت الورنيات الأمامية وفقا للحساب الآتى :

إذا فرض وكانت س = طول أو (قيمة) أصغر قسم على الحافة (طولية كانت أو دائرية ).

، ص = طول أو ( قيمة ) أصغر قسم من أقسام الورنية .

، ن = عدد أقسام الورنية =

يبلغ طول ورنيات البوصات بوجه عام $\frac{٩}{١٠}$ طول وحدة القياس المستعملة، ويتضح ذلك من ( شكل ٣٨ ) حيث نجد مسطرة مقسمة إلى بوصات وكل بوصة مقسمة إلى عشرة أقسام صغرى . فإذا قسنا طول الورنية المركبة فيها وجدناها تساوى تسعة أقسام فقط من أقسام البوصة ، أى أنها تساوى $\frac{٩}{١٠}$ بوصة. وقد قسمت الورنية بدورها إلى عشرة أقسام متساوية :

فإذا كانت ١٠ أقسام على الورنية = ٩ أقسام من البوصة .

∴ كل قسم من الورنية = $\frac{٩}{١٠}$ قسم من أقسام البوصة .

أى = $\frac{٩}{١٠}$ عشر البوصة .

أى = $\frac{٩}{١٠٠}$ من البوصة .

أى أن $\frac{١}{١٠}$ الورنية يقل عن $\frac{١}{١٠}$ البوصة بمقدار عشر عشر بوصة أى $\frac{١}{١٠٠}$ من البوصة فكأن الورنية تستطيع أن تقيس $\frac{١}{١٠٠}$ من البوصة .

فإذا نظرنا إلى الخط ا ب الواقع بين صفر الورنية وصفر المسطرة وجدنا أن طوله يساوى ٣ بوصات و ٦ر٠ من البوصة وجزءا من عشر البوصة ، أى جزءا من مائة من البوصة . فمهمة الورنية هى تقدير هذا الجزء المجهول من عشر البوصة .

---

وحيث أنه فى هذه الورنيات الأمامية تحدد عادة قيمة س بأن يقابل طول ن أقسام منها على الورنية طولا على الحافة يساوى ( ن — ١ ) من أصغر أقسامها .

أو بعبارة أخرى ن × ص = ( ن — ١ ) × س

$$\therefore \quad ص = \left(\frac{ن - ١}{ن}\right) \times س$$

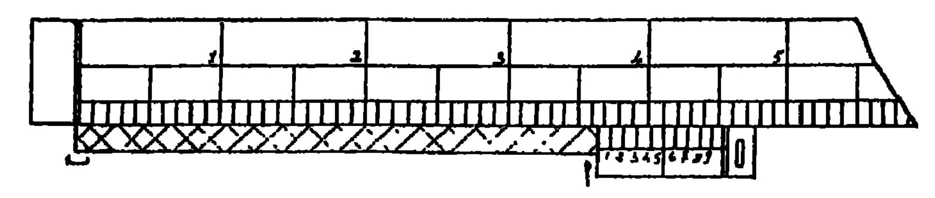
وبالمثل نقد صممت الورنات الخلفية وفقا للحساب الآتى باستخدام نفس الفروض السابقة :

طول الورنية = ن × ص

الطول الذى يقابل الورنية على الحافة = ( ن + ١ ) × س

أى أن ن × ص = ( ن + ١ ) × س

$$\therefore \quad ص = \left(\frac{ن + ١}{ن}\right) \times س$$



( شكل ٣٨ )

أنظر إلى كل من أقسام الورنية العشرة والأقسام الملاصقة لها من المسطرة ، تلاحظ أن قسما واحداً فقط من الورنية هو الذى يتفق مع القسم الذى فوقه من المسطرة ( وهو القسم الخامس من الورنية ) أما بقية أقسامها فمختلفة مع أقسام المسطرة بدرجات متفاوتة :

وعلى ذلك يكون طول الجزء المجهول من عشر البوصة هذا هو $\frac{٥}{١٠}$ منه أى $\frac{٥}{١٠٠}$ من البوصة

فكأن طول الخط ا ب بالضبط = ٣ + ٦ر٠ + ٠٥ر٠ = ٦٥ر٣ بوصة .

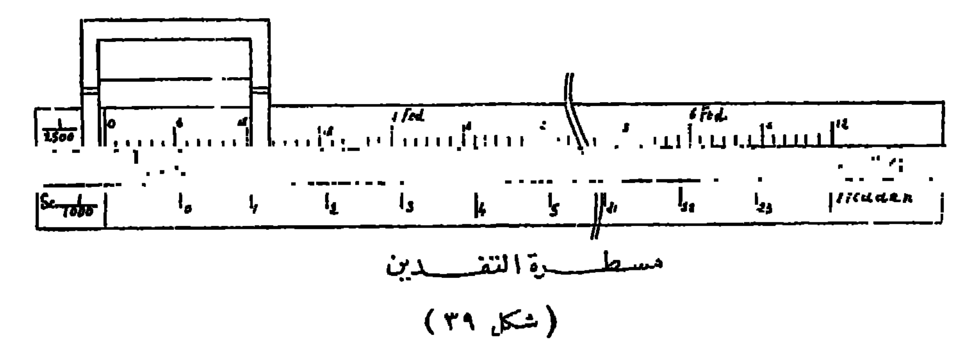
هذا ولا تختلف ورنية السنتيمترات أو الدرجات أو غيرها عن ورنية البوصات من حيث الفكرة إلا أنها أصعب قراءة لصغر أقسامها نسبياً .

أما أهم الآلات المستخدمة فى قياس المساحات من الخرائط فهى :

١ — مسطرة التفدين : Computing — Scale

تستخدم مسطرة التفدين فى قياس المساحات من الخرائط مقياس $\frac{١}{٢٥٠٠}$ أو $\frac{١}{١٠٠٠}$ وبعضها يستخدم فى الخرائط مقياس ٦ بوصة ، بوصة ، ¼ بوصة للميل . وبعضها يعطينا المساحة بالكيلو متر المربع وبعضها يعطينا المساحة بالميل المربع أو بالبوصة المربعة وبعضها الآخر يعطينا المساحة بالفدان . والنوع المستخدم فى مصر يعطينا المساحة بالفدان ، ولذلك فسيقتصر شرحنا على هذا النوع .

تتركب مسطرة التفدين من مسطرة عادية من الخشب يبلغ طولها نحو ستين سنتيمتراً . ويوجد فى وسطها وفى اتجاه طولها مجراة تنزلق فيها قطعة معدنية مثبت بها إطار معدنى Cursor بارز عن حافة المسطرة ومركب فى وسطه سلك رفيع ، اتجاهه عمودى على طول المسطرة ويعرف بالشعرة . وقد أطلق عليها اسم مسطرة التفدين لأنها مقسمة ومدرجة بحيث تقيس المساحات مباشرة بالفدان وكسوره بالقيراط . أما أجزاء القيراط ( السهم ) فيقدر بواسطة ورنية مدرجة على الإطار .



مسطـــرة التفـــدين

( شكل ٣٩ )

وحيث أن جميع الخرائط الكبيرة المقياس والتى تحتاج دائماً إلى قياس المساحات منها فى مصر مرسومة بمقياس $\frac{١}{٢٥٠٠}$ ، $\frac{١}{١٠٠٠}$ فقد ترتب على ذلك تقسيم المسطرة المستعملة هنا وتدريجها على أساس هذين القياسين وخصص كل جانب من جانبيها لأحدهما .

## أساس تقسيم مسطرة التفدين :

بنى تقسيم مسطرة التفدين على أساس أن مساحة المستطيلات المتساوية العرض والمتغيرة الطول تتناسب طردياً مع أطوالها ، وقد اعتبر فى تقسيمها أن عرض هذه المستطيلات الثابت هو عشرون متراً بالنسبة لمقياس $\frac{١}{٢٥٠٠}$ وثمانية أمتار بالنسبة لمقياس ١/١٠٠٠ . ويستدل من ذلك على أن الطول الذى يبين على المسطرة مساحة فدان لمقياس ١/٢٥٠٠ هو فى الواقع طول مستطيل مساحته فدان وعرضه عشرون متراً ، وأن طول الفدان المبين على حرف المسطرة الآخر لمقياس ١/١٠٠٠ هو فى الواقع طول مستطيل مساحته فدان واحد وعرضه ثمانية أمتار .

## تقاسيم حافة المسطرة الخاصة بمقياس ١/٢٥٠٠ :

مساحة الفدان = ٨٣ر٤٢٠٠ متر مربع .

العرض الثابت المعتبر فى الطبيعة ٢٠ متراً يقابل فى الورق بمقياس ١/٢٥٠٠ طولا قدره

$\frac{٢٠ \times ١٠٠٠}{٢٥٠٠}$ = ٨ ملليمترات .

طول المستطيل الذى مساحته فدان واحد فى الطبيعة وعرضه عشرون مترا

= $\frac{٣٨ر٤٢٠٠}{٢}$ = ٠٤ر٢١٠ مترا .

يقابل هذا الطول بمقياس ١/٢٥٠٠ طولا على الخريطة $= \frac{٢١٠٫٠٤ \times ١٠٠٠}{٢٥٠٠}$
= ٨٤٫٠١٦٤ ملليمتراً .

فإذا نقل هذا الطول إلى المسطرة وعين عليها بعلامتين كل منهما عند نهاية من نهايتيه دل ذلك على مساحة فدان واحد . وبالنسبة لاطراد تناسب المساحة مع الطول فى حالة ثبات العرض . فإن تقسيم هذا الطول على المسطرة إلى ٢٤ قسما متساويا يساوى كل قسم منها مساحة قيراط واحد ، وطول حرف المسطرة هذا مقسم إلى أفدنة وقراريط ومدرج كل ستة قراريط وفدان ويكفى لإيجاد مساحات أقصاها ستة أفدنة ونصف فدان .

تقاسيم حافة المسطرة الخاصة بمقياس ١ / ١٠٠٠ :

فى هـذه الحالة نرى أن المسطرة مقسمة بالنسبة لعرض ثابت فى الطبيعة قدره ثمانية أمتار يمثل على الورق بالنسبة لهذا القياس بطول قدره $\frac{٨ \times ١٠٠٠}{١٠٠٠}$ = ٨ ملليمترات .

وعلى ذلك يكون الطول المحدد على المسطرة للدلالة على مساحة فدان واحد
$= \frac{٤٢٠٠٫٨٣}{٨} \times \frac{١٠٠٠}{١٠٠٠}$ = ٥٢٥٫١٠٤ ملليمترا .

وطول المسطرة لا يكفى إلا لتعيين مساحة فدان واحد على حرفها المخصص لهذا القياس .

قياس كسور القيراط :

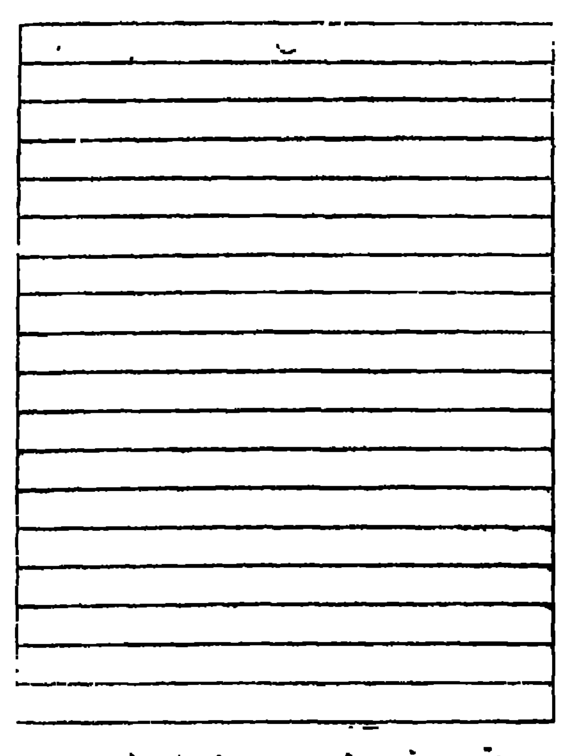
مما سبق نجد ان المسطرة مقسمة على كلا حرفيها إلى أفدنة وقراريط فقط ، أما الأسهم التى هى أجزاء القيراط فاستعمل فى تعيينها ورنيتان قسمت كل منهما على أحد حرفى القطعة المعدنية التى تنزلق على طول المسطرة فى المجراة التى بوسطها .

والورنية التى تقابل تقاسيم مقياس ١/٢٥٠٠ عبارة عن ورنية أمامية مقسمة لتقرأ إلى سهمين . أما الورنية المقابلة لتقاسيم مقياس ١/١٠٠٠ فهى عبارة عن طول قيراط واحـــد مقسم إلى ٢٤ قسما متساويا يبين كل منها مساحة سهم واحد .

طريقة استعمال مسطرة التفدين :

حيث أن عرض المستطيلات الثابت المقسمة عـــلى أساسه مسطرة التفدين هو ثمانية

ملليمترات فى الورق بالنسبة لكلا المقياسين فيلزم والحالة هـذه تقسيم الشكل قبل ايجاد مساحته إلى أشرطة متساوية عرض كل منها ثمانية ملليمترات . ولهذا الغرض يستعمل مع المسطرة لوح من السيلوليد محفور عـلى أحـد وجهيه خطوط متوازية يبعد كل منها عن الآخر بمسافة ثمانية ملليمترات . وقد يستعاض عن هذا اللوح بقطعة من ورق الشفاف ترسم فيها هذه الخطوط بدقة كبيرة .



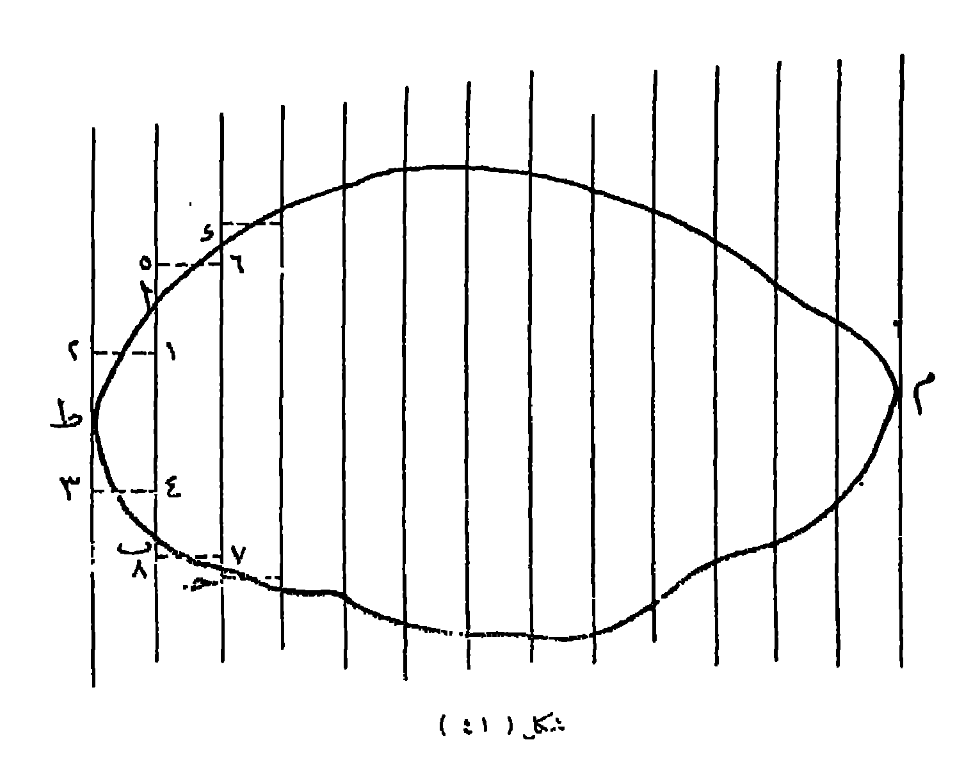
نمـوذج لـوح السليوليد

شكل ( ٤٠ )

ولإيجاد مساحة شكل محـدد بخطوط منحنية كالمبين فى ( شكل ٤١ ) نضع إما لوح السيلوليد أو ورقة الشفاف المرسومة فيها الخطوط على الشكل فى أحسن وضع بحيث يمس خطان من خطوطها نهايتى حـدوده ، كما هى الحال عند النقطتين م ، ط ، ثم نأتى بالمسطرة ونضبط موضع الورنية بحيث تقرأ صفراً على تقاسيم الحافة المقابلة لمقياس رسم الشكل ( ١/٢٥٠٠ أو ١/١٠٠٠ ) ونطبق حافة المسطرة على أحـد الخطوط المتوازية بحيث يظهر الشريط الأولى ا ط ب داخل فراغ الإطار المعدنى ونحركها بمحاذاة هـذا الخط حتى تأتى الشعرة إلى وضع تمس فيه ممز خط الحذف والإضافة ٣ — ٤ ، كما لو كان مرسوماً ،

وحينئذ تبقى المسطرة ثابتة ونحرك الإطار المعدنى على طولها حتى يصل إلى وضع تعمل فيه الشعرة عمل خط الحذف والإضافة ١ — ٢ .

فى هذا الوضع تكون القراءة التى تحددها الورنية على المسطرة عبارة عن مساحة المستطيل ( ١ — ٢ — ٣ — ٤ ) الذى يكافئ مساحة الشريط ا ط ب .



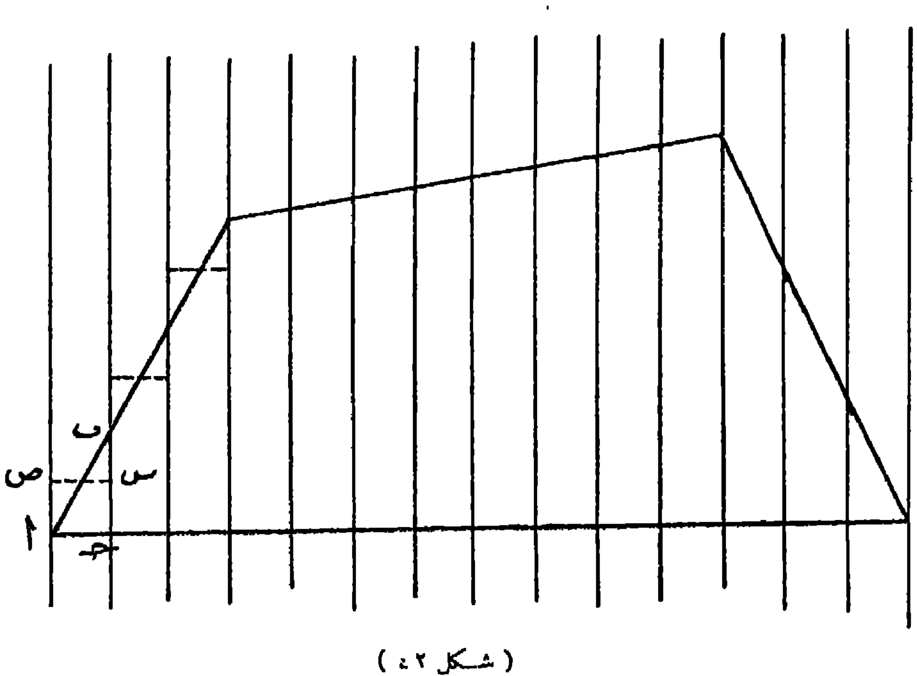

شكل ( ٤١ )

ولإضافة مساحة الشريط الثانى ا ب جـ د الى مساحة الشريط الأول ننقل المسطره بكليتها مع بقاء الإطار فى موضعه الأخير ونطبق حافتها على خط التقسيم التالى للخط الذى كانت منطبقة عليه أولا ونحركها بمحاذاة هذا الخط حتى تعمل الشعرة عمل خط الحذف والإضافة ٧ — ٨ ، فنثبتها فى هذا الوضع ونحرك الإطار حتى يصل إلى وضع تعمل فيه الشعرة عمل خط الحذف والإضافة ٥ — ٦ . وفى هذه الحالة تكون قراءة الورنية على التقاسيم عبارة عن مساحة الشريطين ا ط ب ، ا ب جـ د .

وباستمرار العمل كما تقدم حتى آخر شريط فى الشكل تكون قراءة الورنية على التقاسيم عبارة عن مساحة الشكل جميعه .

وفى حالة إذا ما لم يسمح طول المسطرة بإيجاد مساحة الشكل جميعه فندون مساحة الجزء الذى يكفيه طول المسطرة ، ونضع علامة على آخر شريط نصل إليه ثم نعيد الورنية إلى الى الصفر ، ونستأنف العمل من الشريط التالى ونستمر بالطريقة نفسها حتى نستخرج مساحة الشكل كله .

هذا إذا كانت حدود الشكل مكونة من خطوط منحنية ، أما إذا كانت عبارة عن خطوط مستقيمة كالمبينة فى ( شكل ٤٢ ) فنوجد المساحة بأن نضع اللوح السيلوليد أو ورقة الشفاف على الشكل ، بحيث تكون خطوطها متقاطعة مع الأضلاع الطويلة فيه ومتعامدة مع أطوال هذه الأضلاع ، لأن هذا مما يسهل العمل ويترتب عليه زيادة ضبط النتيجة .




( شكل ٤٢ )

ولإيجاد مساحة الشريط ا ب حـ نجعل الورنية تقرأ صفراً على تقاسيم المسطرة الخاصة بالمقياس المستعمل فى رسم الشكل،ونطبق حافة المسطرة على أحد الخطوط المتوازية فى اللوح ونحركها بمحاذاته حتى تصل الى وضع تعمل فيه الشعرة عمل خط الحذف والإضافة س ص فنثبت المسطرة ونحرك الإطار على طولها حتى تنطبق الشعرة على الخط ا حـ ، وفى هـــذا الوضع تكون قراءة الورنية على المسطرة مساوية لمساحة المثلث ا ب ج . ويستمر العمل كما سبق شرحه .

ويراعى أثناء تثبيت اللوح فى وضعه هـــذا أن نجعل الشعره تعمل خط حذف وإضافة واحد عوضا عن خطين كما فى الحالة السابقة وأن هذا الخط ( أى الشعرة ) فى الحالة الثانية يمر بمنتصف ا ب والخطوط المماثلة له فى باقى الشكل ، وهذا طبعا مما يسهل عملية جعل الشعرة تعمل خطوط الحذف والإضافة .

وبما أن درجة دقة النتيجة النهائية من استعمال مسطرة التفدين تتوقف على كيفية استعمالها فيحسن عند ايجاد مساحة أى شكل بواسطتها أن توجد المساحة عدة مرات . ويعتبر متوسط هذه المساحات هو مساحة الشكل القريبة ما أمكن من الحقيقة .

ولما كان القياس العملى لدقة استعمال المسطره هو الفرق بين قراءتها فى كل حالة فيجب إذن ألا تتعدى هذه الفروق حد المعقول . وقد وضعت مصلحة المساحة المصرية جدولا يبين مقادير هذه الفروق المسموحة فى استعمال مسطرة التفدين .

٢ — البلانيميتر : Planimeter

البلانيميتر آلة صغيرة تستخدم فى حساب مساحة السطحات غير المنتظمة ، وتتركب من دراعين ( ا ) ، ( ب ) . ويسمى الذراع ( ا ) بذراع التخطيط أو القياس Tracer bar . أما الذراع (ب) فيعرف بذراع الثقل Anchor bar . وينتهى الذراع ( ا ) بالإبرة ( ر ) التى تعرف بالراسم وهى التى نحركها فوق محيط الشكل المراد قياس مساحته .

وينزلق على الذراع ( ا ) غلاف مكون من عجلة مدرجة رأسية ( ع ) نسمى عجلة القياس Measuring Wheel تدور حول محور أفقى ( ح ) مواز للذراع ( ا ) ويتصل هذا المحور بقرص أفقى ( ل ) مدرج ومقسم إلى عشرة أقسام متساوية . أى أن حركة القرص متصلة بحركة العجلة عن طريق هذا المحور ( ح ) وتنزلق عجلة القياس على ورنية مقوسة ( و$^{١}$ ) .

وقد ثبت فى الغلاف ورنية أخرى مستقيمة ( و ) تنزلق على مسطرة الذراع ( ا ) . ويمكن ربط الغلاف كله بمسامير للحركة السريعة هى م$^{١}$ ، م$^{٢}$ ، م$^{٣}$ ، ومسمار للحركة البطيئة ( ن ) .

أما عن ذراع الثقل (ب) فينتهى أحد طرفيه بالثقل ( ق ) بينما يتصل طرفه الآخر بذراع التخطيط المتحرك فى النقطة ( د ) بواسطة مخروط صغير يدخل فى ثقب بالغلاف الذى ينزلق عليه . فإن تحركت الابرة ( ر ) تحركت تبعا لها العجلة ( ع ) أى عجلة القياس .

طريقة استعمال البلانيميتر :

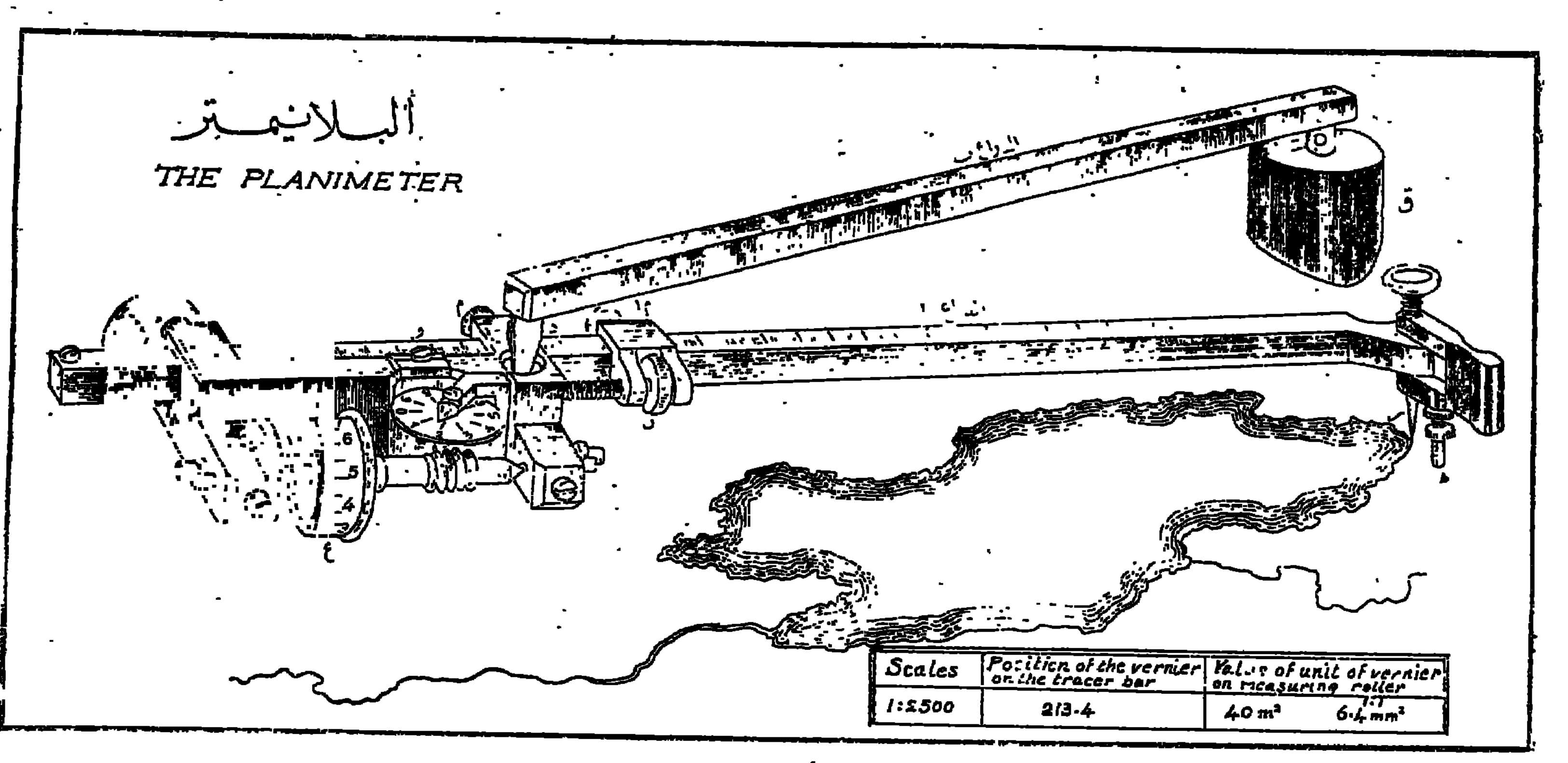
أول خطوة فى استعمال البلانيميتر فى قياس المساحات هو أن نعين طول الذراع ( ا ) حسب مقياس رسم الخريطة ، وذلك بالاستعانة بالجدول المرفق بعلبة البلانيميتر . وفى الشكل ( ٤٣ ) نجد مثالا لجزء من هذا الجدول ، ثم نحرك الغلاف على الذراع ( ا ) بعد فك مساميره م١ ، م٢ ، م٣ إلى أن نحصل على الطول الذى استخرجناه من الجدول المذكور بالتقريب فنربط المسمار م١ فقط ، ونحرك المسمار (ن) الخاص بالحركة البطيئة إلى أن نحصل على الطول المطلوب بالضبط بواسطة الورنية ( و ) التى تنزلق على مسطرة ذراع التخطيط .

ثم نثبت الذراع ( ب ) فى الذراع ( ا ) ونثبت الثقل على الورقة بحيث يكون بعيداً عن حدود الشكل المراد قياس مساحته ، ثم نعين نقطة البدء التى سنبدأ منها حركة الإبرة ( ر ) . وبعد التأكد من أن صفر الورنية ( و١ ) يشير إلى صفر العجلة ( ع ) ، وأن مؤشر القرص الأفقى ( ل ) يشير إلى الصفر أيضا ، نبدأ القياس بتحريك الإبرة فوق محيط الشكل المطلوب قياس مساحته فى اتجاه عقرب الساعة فنلاحظ أن عجلة القياس تتحرك مع حركة الإبرة تارة إلى الأمام وتارة إلى الخلف ويتحرك تبعاً لها القرص الأفقى .

ونلاحظ أن العجلة ( ع ) مقسمة إلى ١٠٠ قسم ، وأن كل لفة كاملة لهذه العجلة تسجل قسما واحداً على القرص الأفقى الذى ينقسم بدوره إلى عشرة أقسام كما ذكرنا . ولدقة القياس ركبت الورنية (و١) على العجلة ( ع ) لكى يمكن قراءة الأجزاء العشرية لكل قسم من أقسامها المائة .

وعلى ذلك تكون مهمة الورنية ( و١ ) قراءة آحاد الرقم الذى نحصل عليه من القياس ، أما العجلة ( ع ) فنقرأ عليها عشرات الرقم ومئاته ، وأما القرص الأفقى فنقرأ عليه ألوف الرقم .

فإذا فرضنا أن القرص كان يبين ١ وكسر ، وصفر الورنية على عجلة القياس يبين ٦٤ وكسر ، والورنية ( و١ ) تقرأ ٤ فتكون القراءة الكلية للرقم الذى سجله البلانيميتر كالآتى ١٦٤٤ من الوحدات البلانيميترية .


البلانيمتر
THE PLANIMETER
Scales
Position of the vernier on the tracer bar
Value of unit of vernier on measuring roller
1:2500
213.4
40 m²
6.4 mm²

(شكل ٤٣)

حساب المساحة :

نعين الطول اللازم لذراع التخطيط (ا) حسب مقياس رسم الخريطة المستعملة ، وذلك بالاستعانة بالجدول المرفق بعلبة البلانيميتر[1] . فللحصول على مساحة قطعة أرض مرسومة بمقياس معلوم وليكن $\frac{١}{٢٥٠٠}$ نبحث فى الجدول عن طول ذراع التخطيط المناسب لهذا المقياس وليكن ٢١٣٫٤ .

ثم نحرك الغلاف على ذراع التخطيط (ا) إلى أن يقع صفر الورنية (و) المتصلة بالغلاف على الرقم المطلوب على مسطرة ذلك الذراع ويساعدنا فى تحريك الورنية مسمار الحركة البطيئة (ن) . فإذا ما جاء صفر الورنية أمام الطول المطلوب على المسطرة بالضبط ربطنا مسامير الحركة السريعة م١ ، م٢ ، م٣ لتثبيت الغلاف فى ذراع التخطيط .

وبعد أن نعين نقطة البداية على محيط الشكل المطلوب قياس مساحته نبدأ عملية القياس بتحريك الإبرة (ر) فوق المحيط بكل دقة إلى أن نصل إلى النقطة التى بدأنا منها ، فنقرأ الأرقام التى سجلها كل من القرص الأفقى وعجلة القياس (ع) والورنية (و١) . وبوضع الرقم الذى سجلته الورنية — وليكن (٤) — فى الآحاد ، والرقم الذى سجلته العجلة — وليكن (٦٤) — فى العشرات والمئات ، والرقم الذى سجله القرص الأفقى — وليكن (١) — فى الألوف ، فنكون بذلك قد حصلنا على الرقم الدال على مساحة الشكل المطلوب بالوحدات البلانيمترية وهو ١٦٤٤ وحدة .

ولتحويل هذه الوحدات إلى أمتار مربعة نرجع إلى الجدول لنرى ما تساويه الوحدة البلانيمترية — حسب مقياس الرسم — من الأمتار المربعة ، وليكن ٤٠ متراً مربعاً .

وبضرب المساحة البلانيمترية فى هذا الرقم (٤٠) نحصل على المساحة الفعلية للشكل بالأمتار المربعة وهى : ١٦٤٤ × ٤٠ = ٦٥٧٦٠ متراً مربعاً .

---

(١) الجدول الموجود بعلبة البلانيميتر يتكون من ثلاثة أقسام : القسم الأيسر مخصص لمقاييس الرسم السائدة الاستعمال . وفى القسم الأوسط نجد الاطوال المختلفة لذراع التخطيط ولكل مقياس الطول المناسب له على مسطرة ذراع التخطيط ، ثم القسم الأيمن وهو مخصص للمعامل الذى تضرب فيه المساحة بالوحدات البلانيمترية للحصول على المساحة بالأمتار المربعة . وهذا المعامل عبارة عما تساويه الوحدة البلانيمترية من الأمتار المربعة أو الملليمترات المربعة حسب مقياس الرسم المستعمل .

هذا عن القياس إذا كانت الخريطة المستعملة مرسومة بواحد من مقاييس الرسم المذكورة فى الجدول المرفق بعلبة البلانيميتر . أما إذا أردنا القياس على خريطة لا ذكر لقياسها فى الجدول — كمقياس $\frac{١}{٢٥٠٠٠}$ مثلا — فإننا نختار أى مقياس من مقاييس الجدول وليكن $\frac{١}{١٠٠٠}$ ونفرض أن الخريطة مرسومة على أساسه ، ونجرى عملية القياس كالمعتاد إلى أن نحصل على النتيجة النهائية للقياس ولتكن ٧٥٠ متراً مربعاً، ثم نحول هذه النتيجة الى المساحة الحقيقية المطلوبة ، وذلك بضرب هذه المساحة ( ٧٥٠ م$^٢$ ) فى مربع النسبة بين المقياسين هكذا :

$$\left[ \frac{\frac{١}{١٠٠٠}}{\frac{١}{٢٥٠٠٠}} \right]^{٢} \times ٧٥٠$$

$$= \left( \frac{٢٥٠٠٠}{١٠٠٠} \right)^{٢} \times ٧٥٠$$

$$= (٢٥)^{٢} \times ٧٥٠$$

$$= ٦٢٥ \times ٧٥٠$$

$$= ٤٦٨٧٥٠ \text{ متراً مربعاً .}$$

ويجب ألا ننسى أن تمرير إبرة البلانيميتر فوق محيط الشكل لا يمكن أن يعطينا نتيجة صحيحة صحة مطلقة ، لأن اليد التى تحرك الإبرة قد تخرج عن محيط الشكل فيؤدى ذلك الى زيادة أو نقص فى المساحة التى نحصل عليها . ولتلافى هذه الأخطاء يجب أن تحسب المساحة البلانيمترية ثلاث مرات على الأقل ويؤخذ متوسط المساحات الثلاث ليضرب فيما تساويه الوحدة البلانيمترية من الأمتار المربعة فنحصل بذلك على المساحة الحقيقية تماماً .

# تكبير الخرائط وتصغيرها:

كثيراً ما يضطر الجغرافي إلى تكبير الخرائط أوتصغيرها ،ولذلك كان من الضروري أن يلم بالطرق المختلفة التي تمكنه من إجراء هذه العملية بسهولة .

وهناك طرق مختلفة للتكبير والتصغير يمكن تصنيفها كما يلي :

أولاً : الطرق التخطيطية Graphical methods .

ثانياً : الطرق الآلية Instrumental methods.

ثالثا : الطرق الفوتوغرافية Photographical methods .

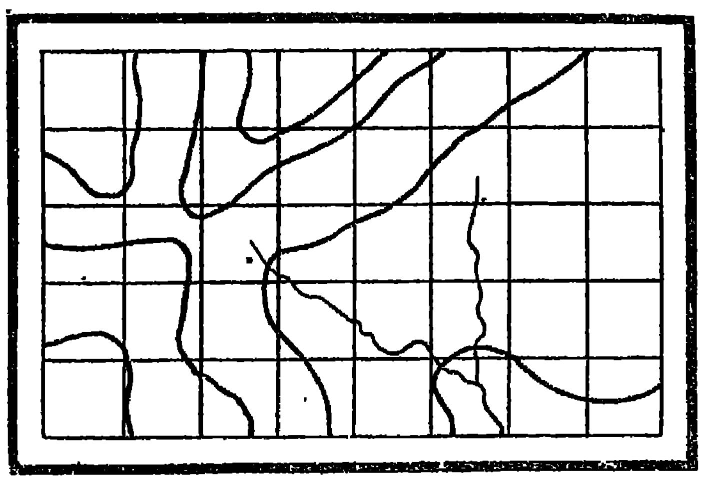
## أولا الطرق التخطيطية

١— طريقة المربعات : Method of Squares

إذا كان المطلوب تصغير خريطة ما بهذه الطريقة فيتم ذلك كالآتي :

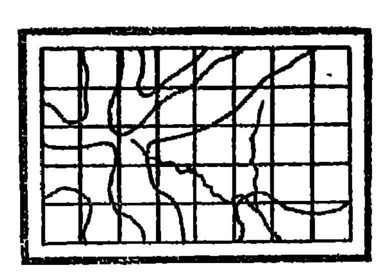
تقسم الخريطة المرسومة إلىعدد من المربعاتالمتساوية باستخدام المسطرة والقلمالرصاص أو بإجراء ذلك التقسيم على ورقة شفاف يمكن وضعها على الخريطة ، ثم نرسم على ورقة بيضاء عددا من المربعات يساوى عدد المربعات التي قسمنا إليها الخريطة على أن يكون طول ضلع المربع متناسبا معنسبة التصغير المطلوبة،فإذا كان طول ضلع المربعمن الخريطة المرسومة فعلا هو ٢ سم مثلا وكان المطلوب تصغيرها إلى نصف مقياسها فيجب أن يكون طول ضلع المربع فىالرسمالجديد ١ سم . وإذا كان عدد المربعات فى كل من الخريطةوالرسم كبيراًيحسن ترقيمها فى كل منهما خشية الخلط بين بعضها البعض الآخر.

بعد ذلك ننقل التفاصيل الموجودة داخل كل مربع على الخريطة فى المربع الذى يماثله على الرسم حتى يتم نقل التفاصيل الموجودة بجميع المربعات—أوبمعنى آخر بكل الخريطة— مصغرة إلى النصف تبعا لنسبة طول ضلع المربع فى الخريطة التي يجرى رسمها إلى طوله على الخريطة الأصلية ، وهذه العملية تحتاج إلى دقة وعناية كما تتطلب شيئاً من التمرين .



خريطة أصلية مطلوب تصغيرها

( شكل ٤٤ ا )



الخريطة بعد تصغيرها

( شكل ٤٤ ب )

وعند نقل التفاصيل الموجودة على الخريطة مصغرة إلى النصف مثلا يجوز اختصار بعض هذه التفاصيل إذا رؤى أن نقلها كاملة سيؤدى إلى ازدحام الخريطة وتشويهها . كذلك ينبغى ألا تراعى نسبة التصغير عند نقل الرموز أو العلامات الإصطلاحية وكذلك الكتابة الموجودة على الخريطة إذ قد يكون فى تصغيرها إلى النصف ما يجعلها غير واضحة أو مطموسة ، فيجوز فى هذه الحالة نقلها بمقياسها أو تصغيرها إلى الحد الذى تحتفظ فيه بوضوحها . ومثل هذا النقل لا يؤثر إطلاقا على مقياس الخريطة المطلوب ، لأن مثل هذه العلامات أو الكتابات لا تخضع لأى مقياس للرسم .

ويلاحظ فى هذه الطريقة أنه كلما زاد عدد المربعات وبالتالى صغرت مساحتها كلما كان التصغير أكثر دقة ، كما يلاحظ أن تصغير أو تكبير مقياس الرسم هو تصغير أو تكبير

لا لمساحة كل مربع ولكن لطول كل ضلع من أضلاع أى مربع على حدة ، وبالتالى هو تصغير أو تكبير لطول الخريطة وعرضها ، ذلك أننا إذا أردنا تكبير خريطة ثلاث مرات وكان طول ضلع المربع فى الخريطة الأصلية ١ سم ، ينبغى أن يكون طول ضلع المربع فى الرسم ٣ سم ، ومعنى هذا أن مساحة كل مربع فى الخريطة الجديدة ستكون تسعة أمثال مساحته فى الخريطة الأصلية ؛ وخلاصة ذلك أن مقياس الرسم ينطبق على أطـــوال الأضلاع لا على المساحات .

أما إذا كان المطلوب تكبير الخريطة فتتم خطوات العمل بطريقة عكسية ، فإذا أريد مثلا تكبير الخريطة إلى أربعة أمثال مقياس الرسم وكان طول ضـــلع المربع فى الخريطة الأصلية ١ سم ، ينبغى أن يكون طوله فى الخريطة الجديدة ٤ سم . ويراعى أيضاً عـدم تكبير العلامات الإصطلاحية والكتابة إلى أربعة أمثال مقياسها إلا إذا كان الأمر يدعو إلى ذلك ، كأن تكون الخريطة الجديدة المكبرة ستستخدم كخريطة حائطية مثلا .

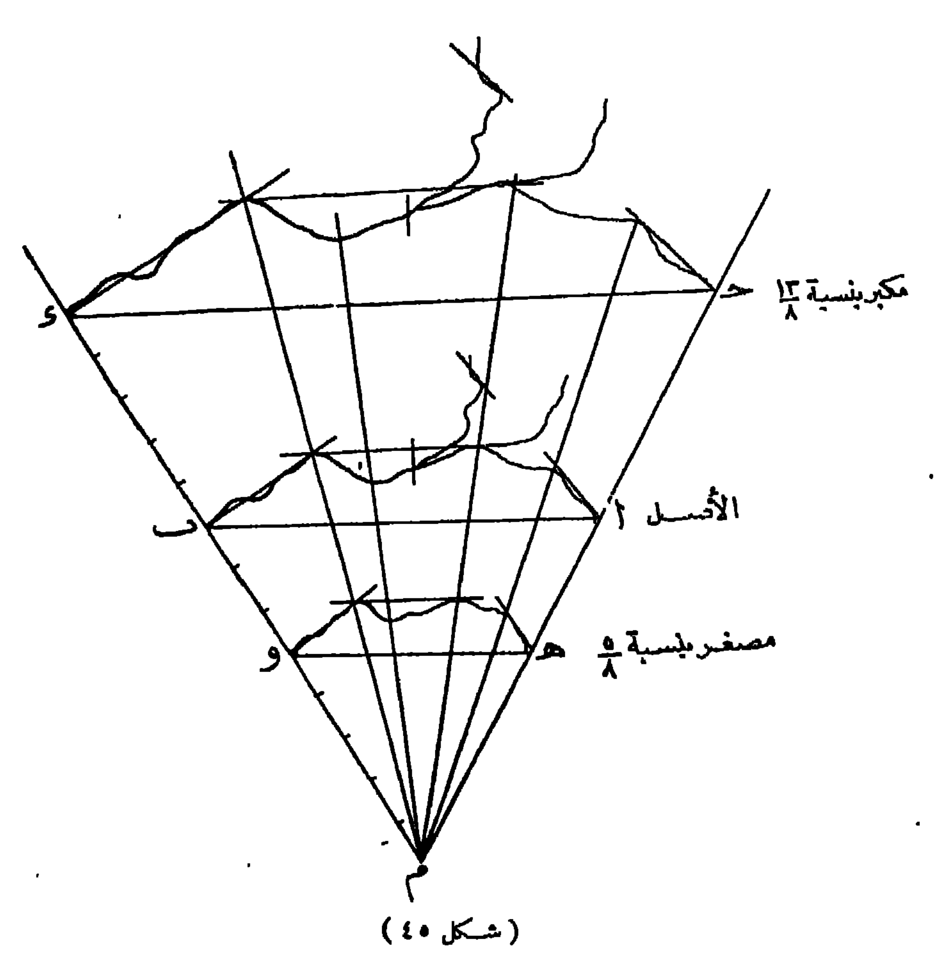
ب — طريقة المثلثات المتماثلة : Method of similar triangles

تستخدم هذه الطريقة فى تكبير أو تصغير مجرى نهرى أو طريق أو خط حديدى أى أنها لا تستخدم إلا بالنسبة للمناطق الضيقة التى يصعب استخدام طريقة المربعات فيها .

فلنفرض أن لدينا خريطة لمجرى نهر ( كما فى شكل ٤٥ ) والمطلوب تكبيرها بنسبة $\frac{١٣}{٨}$ فتتم العملية على النحو التالى :

نمد خطاً يصل طوليا بين طرفى النهر فى الخريطة كالخط ا ب ثم ننصف هذا الخط ، ومن نقط التنصيف نقيم عموداً وعلى هذا العمود نختار نقطة ما ولتكن م ، ويلاحظ أنه كلما كانت هذه النقطة المختارة بعيدة عن الخط ( ا ب ) كلما كان العمل أكثر دقة ، ثم نصل بين نقطة ( م ) وبين طرفى النهر أو بمعنى آخر نصل بين ( م ، ا ) وبين ( م ، ب ) ثم نقسم الخط ( م ا ) أو ( م ب ) إلى ثمانية أقسام متساوية ونمد الخطين على استقامتهما ونوقع على أحدها خمسة أقسام أخرى ، كلا منها يساوى قسما من الأقسام الثمانية السابقة ، ثم نرسم من نهاية القسم الثالث عشر خطا موازيا للخط ( ا ب ) وليكن ( حـ د ) ، فيكون الخط ( حـ د ) فى هـذه الحالة هو ما يماثل ( ا ب ) مكبراً عنه بنسبة $\frac{١٣}{٨}$ وهى نسبة المسافة ( حـ م ) إلى المسافة ( ا م ) .

وبعد ذلك نحدد على الخريطة النقط التي ينثني عندها النهر أو التي يلتقي فيها بروافده ، وكلما كانت هذه النقط كثيرة كلما ساعد ذلك على دقة العمل أيضاً ، ثم نصل بين ( م ) وبين كل من هذه النقط ، ونمد كل خط على استقامته حتى يصل إلى الخط ( حـ د ) أو بمعنى آخر على بعد منه يساوي ١٣/٨ من بعده عن الخط ( ا ب ) . كل ذلك يساعد كثيراً على رسم تفاصيل مجرى النهر مكبراً على الإطار المكبر ( حـ د ) وعلى الخطوط المساعدة التي يستلزم الأمر رسمها .




( شكل ٤٥ )

ثم نرسم النهر مكبراً معتمدين على العين المجردة في ملاحظة تفاصيله ( راجع الرسم ) .

أما إذا كان المطلوب تصغير مجرى النهر بنسبة ٥ : ٨ فنرسم خطاً موازياً للخط ( ا ب ) من نهاية القسم الخامس على الخط ( م ب ) وليكن هـذا الخط هو ( هـ و ) ، وهو ما يماثل الخط ( ا ب ) مصغراً عنه بنسبة طول ( م هـ ) إلى طول ( م ا ) أي بنسبة ٥ : ٨

بنفس الطريقة السابقة يتم — بالاستعانة ببعض الخطوط المساعدة — تصغير مجرى النهر على طول الخط ( هـ و ) بالنسبة المطلوبة .

## ثانيا : الطرق الآلية

أهم الأجهزة المستخدمة فى التكبير والتصغير هى :

١ — فرجار التناسب Proportional Compass .

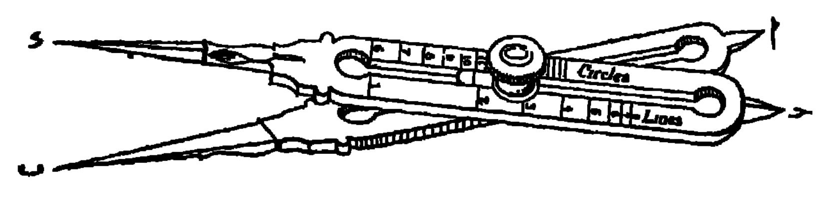
٢ — البانتوجراف Pantograph .

وكان فرجار التناسب هو الجهاز الشائع استخدامه فى تلك العملية ، إلى أن اخترع البانتوجراف فاحتل مكانه وقلل من استخدامه .

١ — فرجار التناسب :

يتركب من ساقين معدنيتين ( ا ب ، حـ د ) ينتهيان من طرفيهما بسنين مدببين ، وفى وسط كل من الساقين فتحة طولية تتحرك فيها قطعة معدنية وفى وسطها ثقب يمر به مسمار محوى . ويمكن تغيير محور الارتكاز على طول الفتحة الطولية كيفما نريد ، وتتغير تبعاً لذلك المسافة بين السنين ( ا ، جـ ) والمسافين بين السنين ( ب ، د ) كما تتغير النسبة بينهما وعلى هذا الأساس بنى عمل فرجار التناسب .

ويوجد فى وجـه كلتا الساقين على جانبى الفتحة الطولية تقاسيم مدرجة على شكل مسطرة ومحفور فى وجه كلتا القطعتين المعدنيتين خط واحد مواز لهذه التقاسيم ، ومكتوب على كل مسطرة إحدى هذه الكلمات ( Lines, Circles, Solids, Plans ) ومعناها على التوالى ( خطوط — دوائر — أجسام — مسطحات ) وذلك للدلالة على استعمال كل منها ، فالمسطرة المكتوب عليها Lines لا تستعمل إلا فى حالة نقل الخطوط المستقيمة من خريطة إلى أخرى مكبرة أو مصغرة بالنسبة التى تبينها خطوط المسطرة بين الفتحتين ( ا جـ ، ب د ) .




شكل ( ٤٦ ) فرجار التناسب

وقد قسمت مسطرة الخطوط المستقيمة مثلا على أساس أننا لو ثبتنا القطعة المعدنية فى أى وضع على طول الفتحة الطولية وربطنا المسمار المحوى وفتحنا الفرجار أية فتحة كانت النسبة بين الفتحة ( ا ج ) والفتحة ( ب د ) كنسبة الواحد الصحيح إلى رقم تقاسيم المسطرة المنطبق على الخط المحفور فى القطعة المعدنية .

ولاستخدام فرجار التناسب فى تصغير خريطة ما لأية نسبة ولتكن $\frac{1}{4}$ مثلا ، نحرك القطعتين معاً فى الفتحة الطولية الطولية حتى ينطبق الخط الذى بأحدها على الخط المرقوم ٤ على مسطرة الخطوط ونربط المسمار المحوى جيدا ثم نفتح الفرجار ونأخذ الأبعاد من الخريطة بالسنين ( ب ، د ) الكبيرين ونوقعها على الخريطة الجديدة المصغرة بالسنين ( ا ، ج ) الصغيرين .

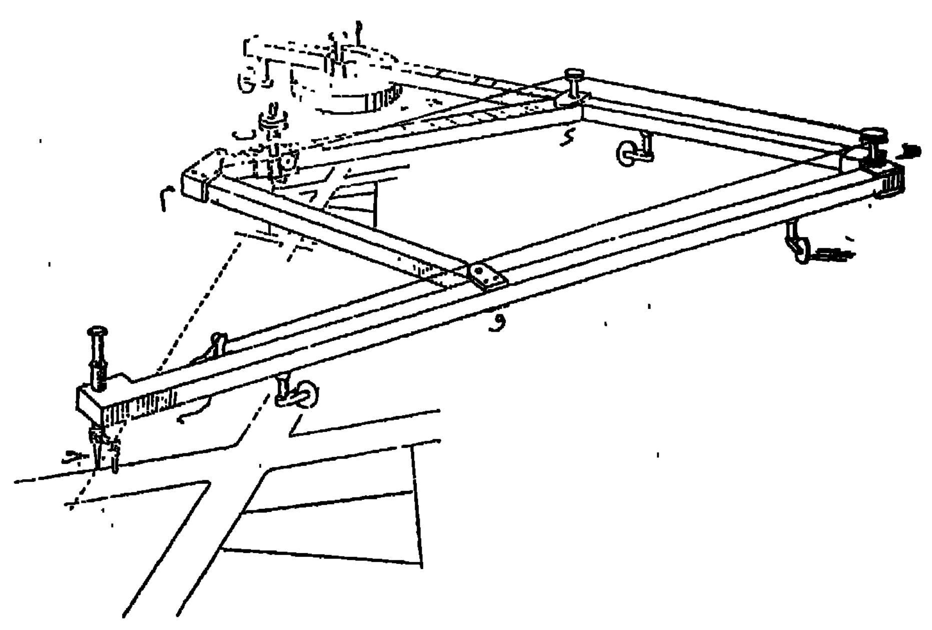
أما فى حالة التكبير فضبط الفرجار على نسبة التكبير المطلوبة ، وننقل الأبعاد من الخريطة الأصلية بالسنين ( ا ، ج ) الصغيرين ونوقعها على الخريطة الجديدة بالسنين ( ب ، د ) الكبيرين أى على عكس الحالة الأولى .

وتتبع نفس الطريقة فى استعمال المساطر الثلاث الأخرى ، فمثلا فى حالة تصغير أو تكبير دوائر معلومة ، يضبط الفرجار على نسبة التكبير أو التصغير المطلوبة التى تعينها فى هذه الحالة المسطرة الخاصة بالدوائر ، وتنقل أنصاف الأقطار من الخريطة الأصلية بالسنين الصغيرين وتوقع على الخريطة الجديدة بالسنين الكبيرين فى حالة التكبير والعكس بالعكس .

ومن عيوب استخدام فرجار التناسب فى تكبير الخرائط وتصغيرها أنه لا يساعد على تحديد الاتجاهات والتفاصيل بالنسبة لبعضها البعض .

٢ — البانتوجراف :

يتركب البانتوجراف (ويسمى أحيانا البانتاجراف Pantagraph ) فى أبسط أشكاله من أربع سيقان من المعـــدن أو الخشب ، مربوطة بعضها ببعض ربطا مفصلياً فى النقط م ، د ، هـ ، و ، بحيث تكون جميع الأجزاء المحصـــورة منها بين المفصلات متساوية ، أو تكون أجزاء كل قضيبين متقابلين متساوية ، وينتج من ذلك أن المفصلات تكون فى الحالة الأولى رءوس معين ، وفى الأخرى رءوس متوازى أضلاع . ومعنى ذلك أن يكون فى أى وضع من أوضاع الجهاز كل قضيبين متقابلين متوازيين .




( شكل ٤٧ ) البانتوجراف

ومثبت بالجهاز ثقل معدنى (ا) كما أن به قطعتين معدنيتين ( ب ، حـ ) تنزلقان على على طول القضيبين م د ، هـ و على الترتيب ، يمكن تركيب قلم الرصاص فى إحداهما وربط إبرة تخطيط بالأخرى ، ويكون دائماً سن الإبرة وطرف القلم الرصاص على استقامة واحدة . وقد درجت الساقان هـ و ، م د بالنسبة لوضعى ب ، حـ إليهما بحيث تكون نسبة

$\frac{\text{ا د}}{\text{ا هـ}} = \frac{\text{ب د}}{\text{حـ هـ}}$ دائماً . ومكتوب على الساقين هـ و ، م د القيم المختلفة لهذه النسبة والتى تنشأ عن تغيير وضع النقطتين ب ، حـ على الساقين .

فإذا فرضنا أن س هى مسافة تحرك النقطة هـ حول ب ، ص هى مسافة تحرك النقطة حـ حول ا .

فينتج عن ذلك أن $\frac{س}{ص} = \frac{ب د}{حـ هـ} = \frac{ا د}{ا هـ}$

فإذا كان المطلوب تكبير أى شكل أو تصغيره لأية نسبة ، تثبت النقطة ( ب ) فى الوضع المقابل لنسبة التكبير أو التصغير المطلوبة وتمرر إبرة التخطيط حول محيط تفاصيل الخريطة المطلوب تكبيرها أو تصغيرها ، فيرسم القلم الرصاص من تلقاء نفسه شكلا مماثلا للأول بالضبط مكبراً أو مصغراً بالنسبة المطلوبة .

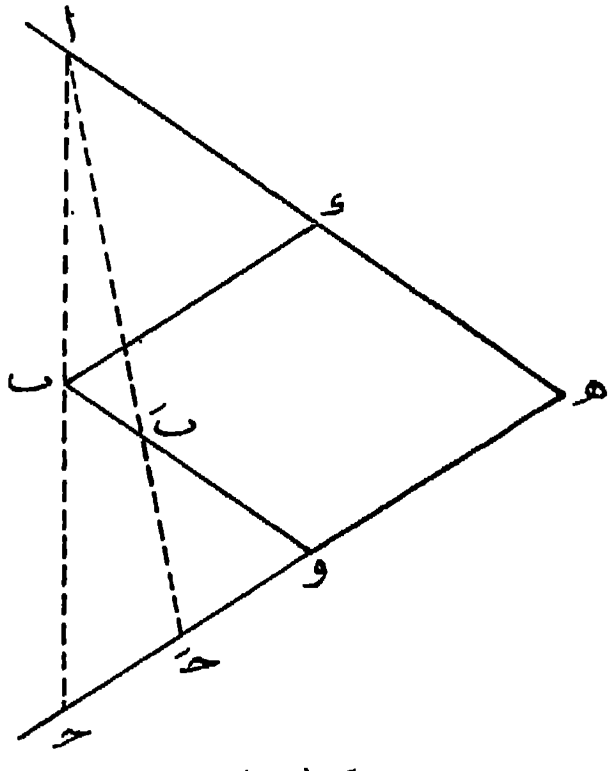
ويلاحظ أنه فى حالة التكبير توضع إبرة التخطيط فى (ب) والقلم الرصاص فى ( حـ ) ، أما فى حالة التصغير فيوضع القلم الرصاص فى (ب) وإبرة التخطيط فى ( حـ ).

ولتبسيط شرح طريقة عمل البانتوجراف العادى رسما ( الشكل ٤٨ ) فإذا اعتبرنا نقطة ( ا ) هى الثقل الذى ينتهى عنده أحد ذراعى الجهاز ، وأن نقطة ( حـ ) هى نهاية الذراع الآخر ، وأنه على الخط الواصل بين نهايتى الذراع الآخر ، وأنه على الخط الواصل بين نهايتى الذراعين تقع نقطة (ب) التى تمثل أحد رءوس متوازى الأضلاع ( ب د هـ و ) فإن الجهاز فى حركته يأخذ دورتين إحداهما حول نقطة ( ا ) أى الثقل والأخرى حول نقطة ( هـ ) التى تمثل نقطة اتصال ذراعى الجهاز .

فإذا وضع سن الإبرة فى نقطة ( حـ ) والقلم الرصاص فى نقطة (ب) ثم حركنا (ب) بمقدار نصف المسافة التى تصل بينها وبين الثقل ( أى نصف ب ا ) ثم حركنا ( حـ ) أى ( سن الإبرة ) فوق أى خط فإن (ب) ستصغر أى مسافة يمر فوقها سن الإبرة إلى النصف .

وإذا تحركت ( حـ ) على طول ذراعها إلى نقطة ( حـَ ) مثلا فإن (ب) تتحرك تبعا لذلك إلى نقطة (بَ) . ويتم التصغير فى هذه الحالة بنسبة طول ( حـ ب ) إلى طول ( حـ ا ) .

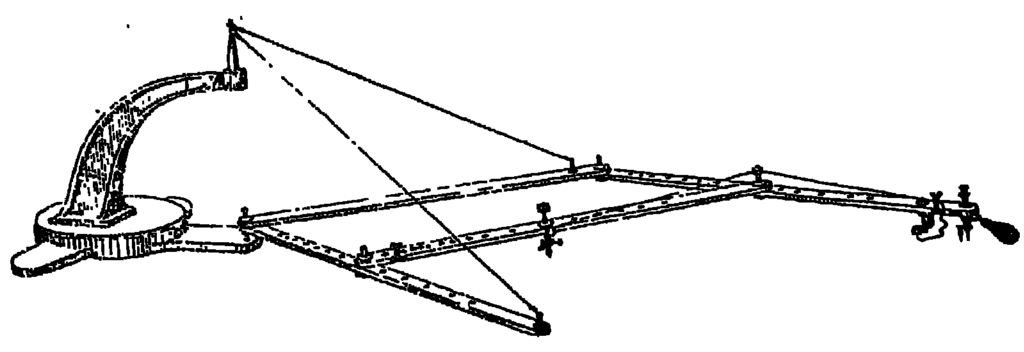
والعيب الأساسى للبانتوجراف العادى هو الاحتكاك الذى يحدث لمفاصل الجهاز عند تحريكه مما يجعل تتبع تفاصيل الخريطة بسن الإبرة أمراً صعبا .




شكل ( ٤٨ )

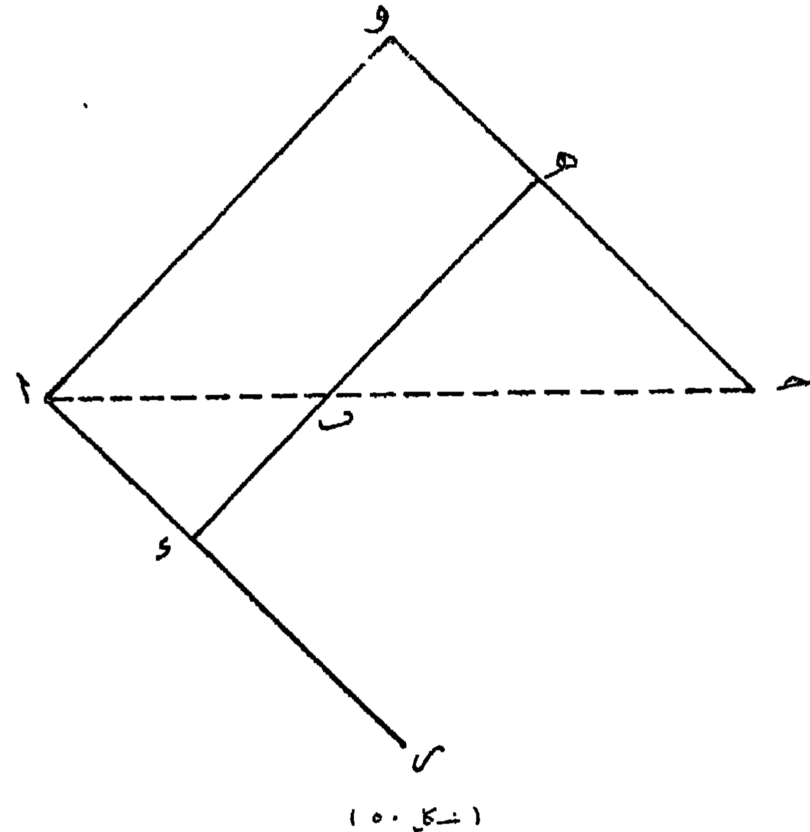
وهذا العيب يمكن تفاديه باستخدام نوع آخر من البانتوجراف هو بانتوجراف كورادى Coradi Pantograph الذى يمكن أن نطلق عليه اسم البانتوجراف المعلق . وقد ربطت سيقانه الأربع بصورة أخرى كما يتضح من ( شكل ٤٩ ) .

فنقطة ( ا ) تمثل الثقل المعدنى ونقطتا (ب ، حـ ) تمثلان القلم الرصاص وسن الإبرة على الترتيب فى حالة التصغير ، وتمثلان سن الإبرة والقلم الرصاص فى حالة التكبير . وتظهر الساق ( د هـ ) بالشكل موازية للساق ( ا و ) فيمكن تحريك الساق ( د هـ ) على طول الذراعين ( ا ر ، و حـ ) بنسب مختلفة ويترتب على تحريك الساق ( د هـ ) بالشكل المذكور تغير وضع نقطة ( ب ) على طول الخط ( ا ب ) . ومعنى هذا أن نسبة التصغير هى نسبة طول ( ا ب ) إلى طول ( ا حـ ) وأن نسبة التكبير هى نسبة طول ( ا حـ ) إلى طول ( ا ب ) مهما تغير وضع نقطة (ب) تبعا لتحريك الساق ( د هـ ) على طول الذراعين ( ا ر ، و حـ ) .



( شكل ٤٩ )
بانتوجراف «كورادى» أو البانتوجراف المعلق

وفى هذا البانتوجراف أمكن تفادى احتكاك مفاصل الجهاز عند تشغيله إلى حد كبير باستخدام سلك معلق بين كل من نقطتى ( و ، ر ) وبين الثقل ( ا ) الذى ركب فيه قائم مرتفع لهذا الغرض ، وهذان السلكان يخففان من الثقل الواقع على العجلة الصغيرة الموجودة قرب نقطة ( حـ ) .




( شكل ٥٠ )

ويلاحظ أن كل جهاز بانتوجراف مهما كان نوعه مزود بكتيب صغير يحوى تعليمات عن طريقة استخدامه .

كذلك يلاحظ أن البانتوجراف أصلح للتصغير منه للتكبير ، ذلك لأن أى خطأ فى تمرير السن المدبب على تفاصيل الخريطة الأصلية يترتب عليه فى حالة التكبير مضاعفة هذا الخطأ بنسبة التكبير التى يتم نقل الخريطة بها . ولنفس السبب لا يجوز استخدام البانتوجراف فى تكبير الخرائط إلى أكثر من ثلاثة أمثال مقياسها الأصلى ، بل يحسن استخدام الطرق الفوتوغرافية إذا أريد التكبير إلى أكثر من ضعف القياس الأصلى .

وقد ظل البانتوجراف أكثر طرق التكبير والتصغير استخداما إلى أن تقدمت الطرق الفوتوغرافية فقللت من استخدامه .

## ثالثا : الطرق الفوتوغرافية

تستعمل الكاميرا فى تكبير الخرائط أو تصغيرها ، وذلك بأن توضع الخريطة المطلوب تكبيرها أو تصغيرها أمام عدسة الكاميرا وعلى مسافة تتناسب مع نسبة التكبير أو التصغير المطلوبة ، وهذه المسافة تحدد وفقاً لقوانين انعكاسات الضوء من العدسات المستعملة فى الكاميرا نفسها ، وأحيانا يعطى مع الكاميرا جدول خاص مدونة به نسب التكبير أو التصغير ومسافات وضع الصورة الأصلية من العدسة .

ومن الصعب استخدام الكاميرا فى تصغير أية خريطة تزيد أبعادها على ٦٠ × ٦٠ سم بوجه عام . أما فى عملية التكبير فإنه يمكن الاستعانة بالمكبر Enlarger فى تكبير الصورة السلبية Negative للخرائط المصورة بالكاميرا مع الاحتفاظ بدقة خطوطها على ألا تزيد أبعاد الخريطة المكبرة على ٥٠ × ٤٠ سم بصفة عامة .

وثمة جهاز فوتوغرافى آخر يسهل عملية التكبير وذلك بنقل الخريطة الأصلية مكبرة دون الحاجة إلى صورة سلبية Negative وهذا الجهاز هو الابيدياسكوب Epidiascope .

وقد تطبع الخريطة المكبرة أو المصغرة بالطرق الفوتوغرافية على لوح من الزنك أو النحاس بطريقة الزنكوغراف Zincograph وتأخذ شكل « كليشيه » ويتولى هذه العملية عادة الحفار . وهى طريقة تسهل طبع أى عدد مطلوب من الخرائط بواسطة « كليشيه »

الخريطة ، وهذه هي الطريقة المتبعة في خرائط الكتب .

والطرق الفوتوغرافية هي أكثر الطرق استخداماً ، واستخدامها في التصغير أكثر شيوعا من استخدامها في التكبير ، ذلك أن تصغير أية خريطة بها يخفي ما فيها من « رتوش » وما بخطوطها من عيوب أو « تسايخ ».

وقد جرت العادة في خرائط مصلحة المساحة وفي خرائط الأطالس أن ترسم الخريطة بمقياس يعادل أربعة أمثال مقياس الرسم المطلوب ثم يتم تصغيرها بالطرق الفوتوغرافية فتظهر الخرائط في النهاية من الدقة والنظافة لدرجة أن الناظر إليها لا يصدق أنها رسمت في أول الأمر بيد رسام .

وينبغي أن نلاحظ في التكبير والتصغير بالطرق الفوتوغرافية أن المقياس الخطي يتم تكبيره أو تصغيره مع الخريطة ، أما المقياس الكتابي فإنه يتغير تبعا لتكبير الخريطة أو تصغيرها ، ولذلك يجب مراعاة تعديله عند التكبير أو التصغير .

# الفصل الثالث

## مبادئ المساحة

يبحث علم المساحة فى كيفية رفع معالم وتفاصيل الطبيعة فى أى منطقة من الأرض ورسم خريطة لها بمقياس معلوم .

ولذلك يجب على دارس المساحة أن يلم بالطرق المختلفة لقياس المسافات والزوايا والمساحات وبالتالى عليه أن يدرس الأجهزة اللازمة لكل عملية مساحية من حيث تركيب كل منها وطرق استخدامها .

والواقع أن الخريطة بعد رسمها تكون قد مرت فى دورين كاملين ، الأول هو العمليات المساحية التى تسجل بها الظاهرات المختلفة ، ونستخدم فى هذه العمليات أجهزة وأدوات مساحية ، ويتم العمل خلال هذا الدور فى المنطقة المطلوب رسم خريطة لها ، ولما كان العمل به يجرى فى الحقل أو فى الميدان فيمكن أن نسميه الدور الحقلى أو الدور الميدانى .

أما الدور الثانى فيتعلق بتوقيع البيانات التى يحصل عليها من الميدان على لوحة من الورق بمقياس رسم محدد بقصد رسم خريطة للمنطقة الممسوحة . ويمكن أن نسمى هذا الدور بالدور المكتبى بحكم أنه يتم فى المكتب . وتستخدم فى هذا الدور أدوات رسم الخرائط .

وينقسم علم المساحة إلى ثلاثة فروع هى :

١ — المساحة الأرضية : وتختص برسم خرائط اليابس باستخدام أجهزة المساحة العادية .

٢ — المساحة البحرية : وتختص برسم معالم البحار والمحيطات مع العناية بقياس الأعماق وتوقيعها على خرائط خاصة ، ونستخدم فيها أجهزة خاصة إلى جانب بعض أجهزة المساحة العادية .

٣ — المساحة الجوية : وهو فرع حديث يستخدم فيه التصوير الجوى من الطائرات

وتجمع الصور الجوية للمنطقة الواحدة بطرق خاصة للحصول على خريطة كاملة للمنطقة الممسوحة . وهذه الطريقة الحديثة تقدمت أخيراً وكثر استخدامها وهى أكثر دقة وأسرع فى الحصول على النتائج وإن كانت تتكلف أكثر من المساحة الأرضية .

وتقتصر دراستنا — فى هذا الفصل — على بعض عمليات المساحة الأرضية .

ويمكن تقسيم المساحة الأرضية إلى فرعين هما :

أولا — المساحة الجيوديسية ( Geodetical Surveying ) وهى التى تبحث فى رسم خرائط المناطق الواسعة المساحة . وتأخذ المساحة الجيوذيسية فى الاعتبار أن الأرض كروية وبالتالى أن سطح الأرض ليس مستويا . ويتطلب هذا الفرع — تبعاً لذلك — دراسات رياضية عليا .

ثانياً — المساحة المستوية ( Plane Surveying ) وهى التى تبحث فى رسم خرائط المناطق المحدودة المساحة . ويهمل فى هذه المساحة كروية الأرض ويعتبر سطح الأرض فيها تجاوزاً — سطحا مستوياً . ولا تصلح عمليات المساحة المستوية لرسم خريطة لمنطقة تزيد مساحتها على نحو ١٠٠ ميل مربع ( حوالى ٢٥٠ كيلو متراً مربعا ) .

ويمكن تقسيم المساحة المستوية -- بدورها — إلى فرعين :

أ — المساحة الطبوغرافية ( Topographical Surveying ) والغرض منها رسم خرائط المحافظات والمراكز وما تحويه من ظاهرات طبيعية واصطناعية كالحدود الإدارية والخطوط الحديدية وطرق السيارات بمختلف درجاتها والترع والمصارف وحدود مساكن القرى ومزارعها وأماكن الخدمات التعليمية والصحية من مدارس ومستشفيات وما إلى ذلك .

وترسم هذه الخرائط فى مصر بمقياسين هما مقياس ١ : ٢٥٫٠٠٠ ومقياس ١ : ١٠٠٫٠٠٠ .

ب — المساحة التفصيلية أو الكداسترالية ( Cadastral Surveying ) والغرض منها رسم خرائط تفصيلية بمقياس رسم كبير بحيث يمكن أن تضم من المعالم والتفاصيل مالا تتسع له الخريطة الطبوغرافية ، كالشوارع والطرق والمبانى وحدود الأحواض الزراعية وملكيات المنازل ، وعلى أساس هذه الخرائط تحسب مساحة الملكيات وتوثق بالشهر العقارى عمليات بيع وشراء العقارات والأطيان ، ولذلك تعرف هذه الخرائط بخرائط فك الزمام .

ومقياس الرسم المستخدم لهذا الفرع من الخرائط فى مصر هو ١ : ١٠٠٠ ، ١ : ٢٥٠٠، فضلا عن مقياس ١ : ٥٠٠ لخرائط المدن .

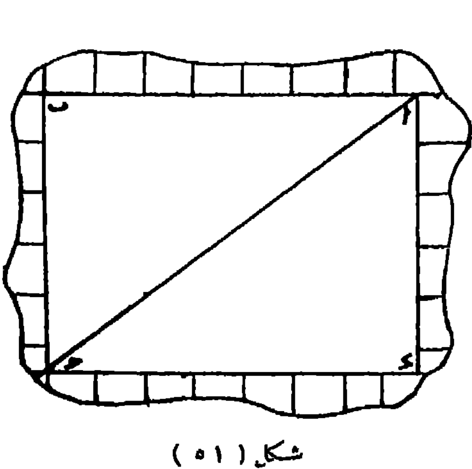
ويتحتم على الجغرافى — أن يلم إلماماً تاماً بأصل الخريطة والطرق المختلفة لرسمها ، والأدوار التى مرت بها فى تاريخ حياتها الحافل ولا شك أن إلمام الجغرافى بالمساحة يلقى له ضوءاً على كل ذلك .

## المساحة بالجـــــنزير

تعتبر المساحة بالجنزير أبسط الطرق لعمل مساحة لمنطقة صغيرة ، ولكنها ليست بأدقها فضلا عن أنها بطيئة ولا تخلو من الأخطاء المتعلقة باستخدام الأدوات ولا سيا إذا كانت المنطقه تحوى تفاصيل ومعالم كثيرة .

وتجرى عملية المساحه بالجنزير بأن تثبت نقطاً فى الطبيعة يكون الشكل الناتج من توصيلها بعضها ببعض هيكلا تبنى على أضلاعه التفاصيل المطلوب رسمها ، ثم تقاس هذه الخطوط على الطبيعة وندون هذه البيانات ثم توقع هذه الأبعاد على الورق بمقياس رسم معلوم .

فى الشكل رقم ( ٥١ ) اختيرت النقط ا ، ب ، جـ ، د لتكون نقطاً أساسية على أن يتخذ من الأضلاع ا ب ، ب حـ ، حـ د ، د ا خطوطاً أساسية تقاس بالجنزير ، ثم يسقط على هذه الخطوط الأساسية أعمدة من نقط مختلفة عديدة من حدود الشكل ، وتعرف هذه الأعمدة باسم الإحداثيات أو خطوط التحشية .



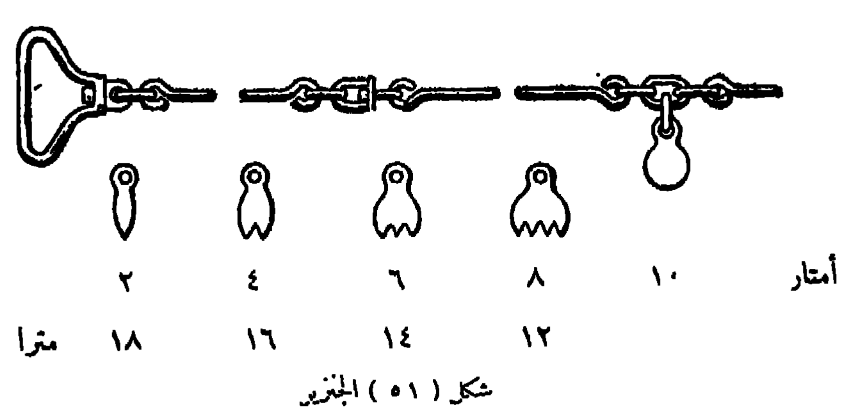

شكل ( ٥١ )

# الأدوات المستخدمة فى المساحة بالجنزير

## الجنزير :

يتألف الجنزير من عقل من الصلب تتصل كل عقلة بالأخرى بثلاث حلقات من نفس المدن ، وينتهى طرفاه بمقبضين من النحاس .

ويبلغ طول الجنزير عشرين متراً ، ويتكون من مائة عقلة ، طول كل عقلة منها بحلقاتها الثلاث ٢٠ سنتيمتراً . ولسهولة تعيين أى بعد على طول الجنزير بمجرد النظر وضع فى نهاية كل عشر عقل علامة من النحاس الأصفر ذات شكل خاص يختلف باختلاف عدد الأمتار الذى تدل عليه. وقد وضعت هذه العلامات على الترتيب من كل من طرفي الجنزير ذى العشرين متراً حتى منتصفه ، وفى المنتصف وضعت علامة على هيئة قرص . أنظر شكل ( ٥٢ ) ولاحظ أن العلامات التى تدل على مترين أو أربعة أمتار أو ستة أمتار . . . الخ فى النصف الأول من الجنزير تدل على ١٨ متراً أو ١٦ متراً أو ١٤ متراً فى الطرف الآخر .




شكل ( ٥١ ) الجنزير

ولطرح الجنزير واستخدامه فى القياس طريقة خاصة ، وهو أن تمسك المقبضين معاً باليد اليسرى وتفك من الجنزير عقلتين أو ثلاثة ، ثم تقذف الحزمة باليـــد اليمنى فى اتجاه الخط المطلوب قياسه وبذلك ينفرد الجنزير بالشكل الصحيح ، بينما يبقى المقبضان باليد اليسرى. فإذا تم ذلك أمسك المساح بأحد المقبضين وسار فى اتجاه الخط بينما يمسك شخص آخر المقبض الثانى ويثبته على الخط عند النقطة المراد بدء القياس منها .

فإذا كان الخط المطلوب قياسه يقل طوله عن عشرين متراً يكفى أن تطرح الجنزير طرحة واحدة وتستخلص من واقع العلامات النحاسية المميزة وطول العقل طول الخط .

أما إذا كان الخــط طويلا فعليك أن تطرح الجنزير عدة طرحات تبدأ كل طرحة من نهاية الطرحة السابقة ويكون طول الخط فى النهاية مساوياً لعدد الطرحات الكاملة مضروباً فى عشرين متراً مضافاً إليها طول الطرحة الأخيرة بعد معرفة طول الخط عليها حتى نهايته .

ويحسن فى القياس بالجنزير أن يشد الجنزير فى كل طرحة عدة مرات بشدة مع شده جيداً فى اتجاه الخط المطلوب قياسه تماما ، كما يحسن أن تمشى بمحاذاة الجنزير بعد طرحه لتتأكد أن جميع العقل مستقيمة وجميع الحلقات مفرودة .

الشريط :

ويعتبر أضبط طرق القياس . وتصنع الأشرطة عادة فإما من الكتان أو الصلب وبصنع الشريط الكتانى من ملف من نسيج الكتان المقوى بأسلاك رفيعة جـدا من الصلب ويختلف طوله من خمســة أمتار إلى ثلاثين متراً . وهو مقسم على كلا وجهيه إلى أمتار وسنتيمترات . وهذا الشريط ملفوف داخل علبة من الجلد حول محور من النحاس وينتهى من أحد طرفيه بيد تستعمل فى فرد الشريط ولفه ، وينتهى الشريط من طرفه الخالص بحلقة نحاسية تمنع دخوله فى العلبة عند لفه .

أما الأشرطة الصلبية فهى كسابقتها ، غير أنهـا تصنع من الصفيح الرفيق المتين وقد تصنع من الصلب . ويتراوح الشريط الصابى من متر واحد إلى عشرين مترا ويلف الشريط الصلبى حول محور معدنى فى داخل علبة من الجلد أوالمعدن أو على بكرة مفتوحة من الصلب .

الأوتاد :

هى قطع من الخشب اسطوانية أو منشورية الشكل ، يتراوح طولها بين ٢٠ ، ٣٠ سم وسمكها بين ٣ ، ٥ سم أحد طرفيها مدبب ليسهل غرسها فى الأرض . وتستخدم الأوتاد فى تعيين مواقع النقط الثابتة على سطح الأرض للرجوع إليها عند اللزوم . وإذا كانت الأرض صلبة تستخدم أوتاد على شــكل زوايا حديدية .

ويلاحظ فى تثبيتها ألا يظهر منها أكثر من بضعة سنتيمترات حتى لا تعوق الحركة فى المنطقة ولا تــكون عرضة للضياع .

الشواخص : ( جمع شاخص)

هى سيقان من الخشب اسطوانية أو منشورية يتراوح طولها بين ٢ ، ٥ أمتار ،

٥ أمتـــار وسمكها بين ٣ و ٦ سم ، مثبت فى أحـــد طرفيها كساء من الحديد مخروطى الشكل يسهل غرسها فى الأرض ، ومقسمة إلى مسافات متساوية تتراوح بين ٢٠ و ٥٠ سم ، وهذه المسافات ملونة بألوان واضحة ومتبادلة على التعاقب ( أبيض — أسود — أحمر ) بقصد تسهيل رؤيتها من بعيد . وقد يوضع فى رأس الشاخص علم صغير أحمر أو أبيض لهذا الغرض ذاته .

وتستعمل الشواخص فى تحديد خطوط السير أثناء عملية القياس ، ولتشخيص أية نقطة متوسطة على هذه الخطوط .

الشوك :

هى أسلاك من الصلب يختلف سمكها من ٣ إلى ٥ سم وبتراوح بين ٢٠ و٣٠ سم ، أحد طرفيها مدبب ، أما الطرف الآخر فانتو على شكل حلقة .



( شكل ٥٣ ) الجنزير والشوك

وتستعمل الشوكة لتعيين نقطة متوسطة على خط مستقيم محدد بشاخصين . كما يكثر استخدامها فى تحديد طرحات الجنزير ، ولهذا يستعمل مع كل جنزير عادة عشر شوك.

دفتر الغيط :

يستعمل لتدوين بيانات المساحة بالجنزير وهو مستطيل الشكل يفتح فى اتجاه . ومرسوم باللون الأحمر فى وسط كل صفحة من صفحاته وفى اتجاه طولها خطان متوازيان يبعدان عن بعضهما بمسافة سنتيمترين ، وتكتب بينهما أبعاد الجنزير المقابلة لمساقط إحداثيات النقط المطلوب بيانها لرسم الحدود والتفاصيل أثناء عملية المساحة بالجنزير . أما أطوال هذه الإحداثيات فتكتب على جانبى هذين الخطين حسب موقعها من خط الجنزير فى الطبيعة إما يمينا أو يسارا .

ويراعى عند التدوين فى دفتر الغيط أن يبدأ الرسم من أسفل الصفحة متجها إلى أعلاها حتى تصل الكتابة إلى رأسها أو رأس الصفحة المقابلة لها ، فتقلب الورقة ويستمر التدوين من أسفل الصفحة التالية كما تقدم .

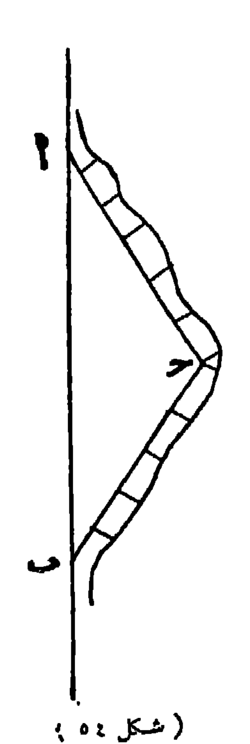
## عمل مساحة لمنطقة صغيرة بالجنزير

لإجراء هذه العملية يجب أن تتجول أولا فى الأرض لتكون فكرة عامة عن شكلها وترسم لها رسماً تخطيطيا فى دفتر الغيط وتعين نقطا أساسية تقرب من حدود قطعة الأرض على قدر الإمكان ثم تحدد هذه النقط الأساسية على الطبيعة مراعيا أن ترى كل نقطة من النقطة التى قبلها والنقطة التى بعدها ، وألا يوجد ما يعوق عملية القياس بين كل نقطتين .

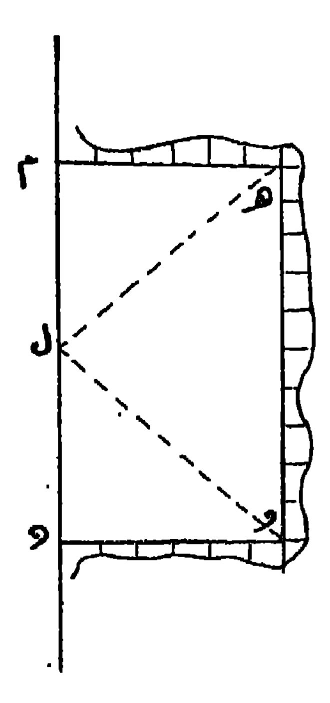
ثم تحدد النقط المختلفة على حدود الشكل وتفاصيله التى تسقط من كل منها إحداثياً على هذه الخطوط الأساسية بشرط ألا تزيد أطوال الإحداثيات على العشرين متراً ، وإذا أريد إسقاط الإحداثيات بدقة يستحسن ألا تزيد على عشرة أمتار .

أما إذا تعذر ذلك وكانت الإحداثيات فى بعض المواضع طويلة فيثبت نقطة أخرى إضافية قريبة من الحدود مثل جـ كما فى الشكل رقم (٥٤) . ويعين موضع النقطتين على خط الجنزير الأصلى ا ب ، فيكون فى هذه الحالة المثلث ا ب جـ بمثابة مثلث إضافى تفرد على ضلعيه ا ب ، ب جـ الحدود البعيدة .

وهناك طريقة أخرى للتغلب على هذه الصعوبة وهى أن ترسم خطاً إضافياً مثل هـ وقريباً من الحدود ( شكل ٥٥ ) ويعين هذا الخط بأن تحدد نقطتين مثل م ، ن على خط الجنزير الأصلى بحيث تكونان قريبتين من الحدود ويقام منهما العمودان م هـ ، ن و لبيان موضع نقطتى هـ ، و فى الرسم ، كما يجب تعيين نقطة مثل ل على خط السير الأصلى وقياس البعدين ل هـ ، ل و لربط نقطتى هـ ، و وذلك للتحقق من سلامة العمل . وبعد ذلك تجرى عملية المساحة بالجنزير على الخطوط هـ و ، م هـ ، ن و كالمعتاد .



( شكل ٥٤ )



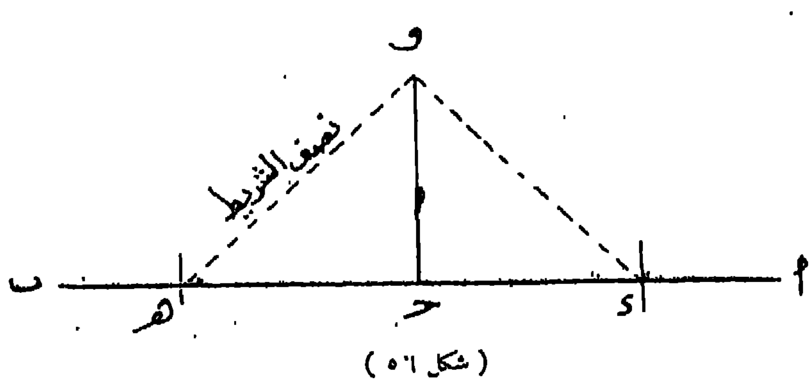

( شكل ٥٥ )

## بعض العمليات المتصلة بالمساحة بالجنزير

أولا : إقامة عمود على خط الجنزير من نقطة واقعة عليه :

إذا فرض أن ا ب خط للجنزير ، وأن جـ نقطة واقعة عليه وكان المطلوب إقامة عمود من جـ على الخط ا ب فى الطبيعة دون استعمال أحد أجهزة قياس الزوايا .

فعين على الخط ا ب نقطتين مثل ى ، هـ على كل جهة من جهتى النقطة جـ ومتساويتى البعد عنها ( شكل ٥٦ ) ولا تزيد المسافة بينهما على ثمانية أمتار ، ثم تثبت حلقة الشريط عند و ونهايته عند هـ وتشده على الأرض من منتصفه تماماً ، فالنقطة التى يعينها منتصف الشريط فى هذا الوضع ولتكن و هى إحدى نقطتى العمود المطلوب ويكون جـ وهو العمود ذاته.



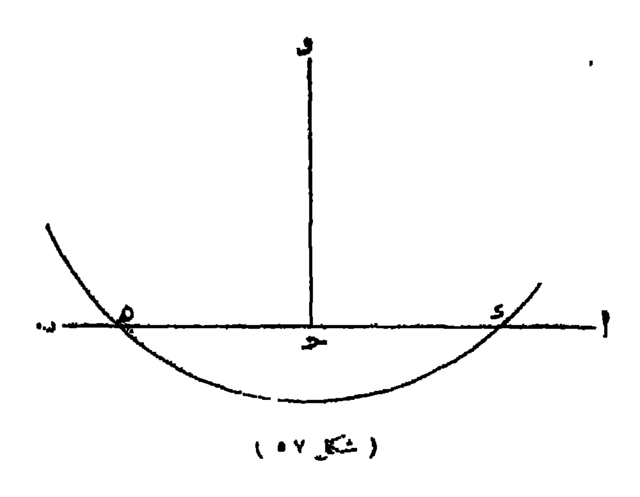

( شكل ٥٦ )

وهذه العملية تحتاج إليها فى أحوال كثيرة منها أن يكون هناك سور يوازى خط الجنزير على وجه التقريب ويبعد عنه ، ومطلوب رسم هذا السور فى الخريطة ، فتقام أعمدة على خط الجنزير من نقط مختلفة عليه وتقاس الإحداثيات ونسجل بدفتر الغيط ، على أنه إذا كان السور لا يبعد عن خط الجنزير بأكثر من مترين أو ثلاثة أمتار فيسهل إقامة الأعمدة بمجرد النظر .

أما إذا كانت المسافة بعيدة جداً بحيث لا يمكن إقامة العمود فيها بواسطة الشريط فيستحسن استخدام أحد أجهزة قياس الزوايا .

ثانياً : إسقاط عمود على خط الجنزير من نقطة خارجة عنه :

لنفرض أن و هى النقطة المطلوب إسقاط العمود منها على خط الجنزير ( شكل ٥٧ ) .




( شكل ٥٧ )

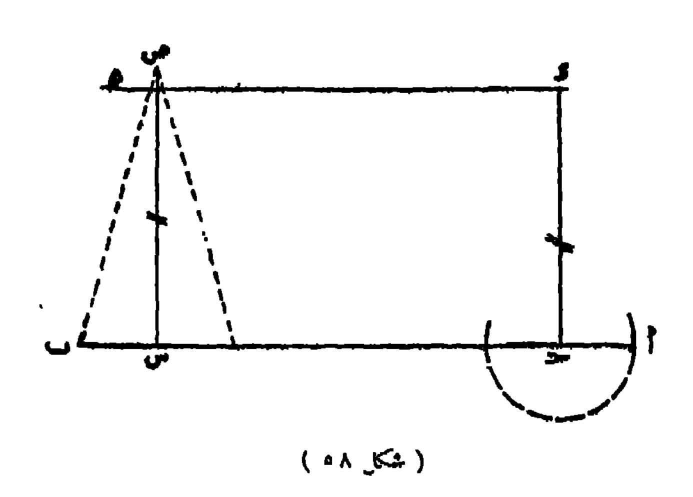
فنغرس فى نقطة و شاخصاً ويقف شخص عند هذه النقطة ممسكا بطرف الشريط ويمسك شخص آخر بالطرف الثانى من الشريط ويتحرك فى حركة دائرية حتى يقطع قوس تحركه خط الجنزير فى نقطتين مثل د ، هـ يضع فيهما شوكتين . ثم تنصف المسافة د هـ فى جـ فيكون و جـ هو العمود المطلوب .

ونحتاج لهذه العملية فى رفع أية ظاهرة على جانبى خط الجنزير كأن تكون ركناً لبناء أو عمود تلغراف أو شجرة أو ما شابه ذلك .

ثالثاً : كيفية رسم خط مواز لخط الجنزير من نقطة معلومة :

إذا فرض أن ا ب هو خط الجنزير ( شكل ٥٨ ) وأن ى هى النقطة المطلوب رسم خط مواز منها لخط الجنزير .

نسقط بالطريقة المتقدمة عموداً مثل ى جـ على خط الجنزير ا ب ونعين على نقطة أخرى مثل س على خط الجنزير ونقيم عليها عموداً مثل س ص ، ثم نعين على هذا العمود طولا يساوى طول العمود جـ ى هو س هـ . فيكون ى هـ هو الموازى المطلوب .

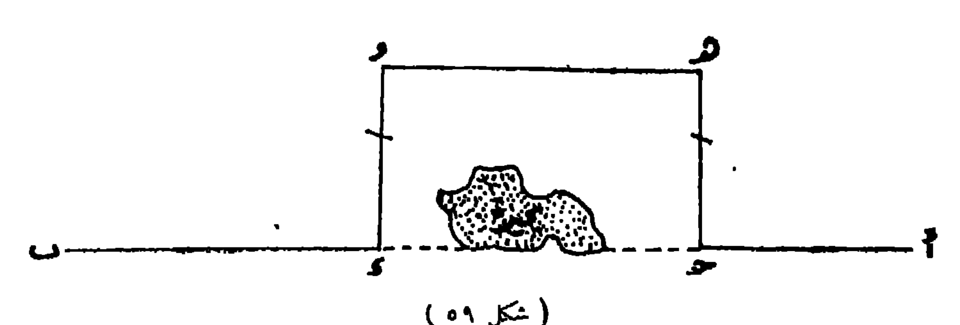



( شكل ٥٨ )

رابعاً : قياس خط يعترضه عائق :

لنفرض أن الخط ا ب مطلوب قياسه ، وأن هناك عائقاً كبركة أو مستنقع يعترض عملية القياس . فيمكن أن يقاس هذا الخط على النحو الآتى :

نعين نقطة مثل جـ على الخط ا ب عند أحد طرفى العائق ، ونقطة أخرى مثل ى عند طرفه الآخر ، ثم نقيم عموداً من كل من النقطتين جـ ، ى على الخط ا ب ويؤخذ على كل من العمودين بعد متساو هـ ، و ( كما فى الشكل رقم ٥٩ ) بحيث يمكن قياس البعد بين هاتين النقطتين قياساً مباشراً . فيكون طول الخط ا ب فى النهاية هو مجموع أطوال الخطوط ا جـ ، هـ ى ، ى ب .




( شكل ٥٩ )

## طرق قياس الزوايا

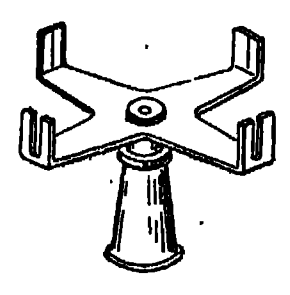
تنقسم الزوايا فى الطبيعة إلى زوايا أفقية وأخرى رأسية . والمقصود بالزاوية الأفقية هى زاوية انحراف خط على خط آخر على سطح الأرض ، أو الزاوية التى يصنعهـا خط مع خط آخر على سطح الأرض .

أما الزاوية الرأسية فيقصد بها زاوية الميل . ولا توجد هذه الزاوية إلا بين نقطتين يختلف ارتفاع كل منهما على سطح الأرض ، وهى بذلك الزاوية التى يصنعها الخط الواصل بين نقطة مرتفعة — المراد قياس زاوية انحرافها — مع خط النظر ، وهو فى العادة خط أفقى .

ولكل نوع من هذه الزوايا أجهزة خاصة تستخدم فى قياسها على الطبيعة . ومن أجهزة قياس الزوايا الأفقية المثلث المساح والبانتوميتر ( Pantometer ) .

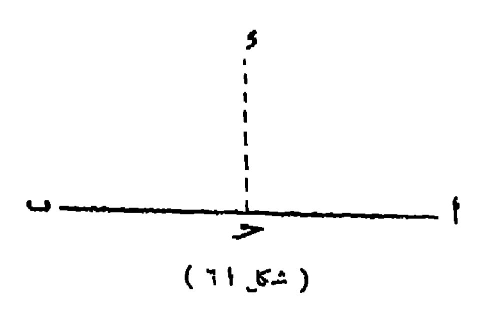
**المثلث المساح البسيط ذو الساقين :**

يتركب المثلث المســاح البسيط من قطعة من النحاس على شكل ساقين متقــاطعتين ومتعامدتين ، طرفا كل منهما ملتو إلى أعلى على شكل زاوية قائمة ، ويسمى هذا الجهاز القائم شظية رأسية . ويوجد فى وسط كل من هذه الشظايا الأربع شرخ طولى ضيق . ويمر الخط الواصل بين كل شرخين متقابلين بمركز الجهاز يكون بمثابة خط نظر له ، وبذلك يكون خط نظر الجهاز متعامدين .



( شكل ٦٠ ) المثلث المساح البسيط

هذه القطعة المعدنية المكونة للساقين مربوطة من مركزها بمخروط معدنى أجوف بحيث يمكن دورانها أفقيا حول محورها ، ويستعمل المخروط كقاعدة الجهاز ويركب عند استعماله فى رأس حامل .



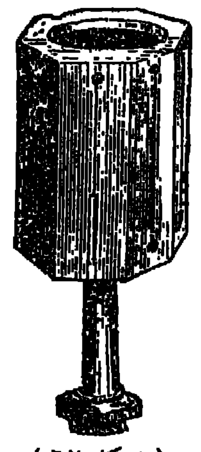

( شكل ٦١ )

فإذا فرض أن ا ب خط سير أساسى والمطلوب إقامة عمود من نقطة ﺟ عليه بواسطة المثلث المساح ذى الساقين ، يجرى العمل بأن يركب الجهاز فى حامل ، ويثبت هذا الحامل على الخط المستقيم فوق نقطة ﺟ ويدار الجهاز حتى ينطبق أحد خطى النظر على الخط المستقيم وليكن ب ويعرف ذلك بأن يرصد على استقامته إحدى الساقين ا ، ب حسب اتجاه النظر ، ثم تنظر من أحد الشرخين المتعامدين على هذا الاتجاه، ويحرك شاخص فى الجهة المراد إقامة العمود فيها حتى يرصد فى وضع مثل د فيكون الخط ﺟ د عمودياً على ا ب

كذلك يمكن استخدام المثلث المساح البسيط فى عملية إسقاط عمود خط مستقيم من نقطة معينة بعيدة عنه وذلك بأن يثبت الراصد شاخصاً فى النقطة الخارجة . ويتحرك ومعه المثلث المساح على استقامة الخط المعلوم أب حتى يأتى إلى وضع يرصد فيه إحدى نهايتى الخط أب على استقامة أحد خطى نظر الجهاز ويرصد فى الوقت نفسه الشاخص المثبت فى ى على استقامة خط نظر آخر فيعين هذا الوضع وليكن ﺣ أثر العمود الساقط من الخط ا ب .

## المثلث المساح ذو الثمانية أوجه :

هو جهاز من النحاس مصنوع على هيئة منشور ثمانى فى وسط أربعة أوجه من أوجهه متبادلة ومتقابلة شروخ طولية دقيقة . أما الأوجه الأربعة الأخرى ففى وسط كل نصف وجه منها



( شكل ٦٢ )

شرخ طولى وفى نصفه الآخر فتحة مستطيلة شد فى وسطها على استقامة الشرخ سلك رفيع يعرف فى وضعه هذا بالشعرة . ويلاحظ أنه إذا كان الشرخ فى النصف العلوى يقابله فى الوجه المقابل شرخ فى النصف الأسفل . ويرى فى الجهاز أن كل شرخ من هذه الشروخ الأربعة يقابله شعرة فيمكن عندئذ استخدام الجهاز فى تعيين زوايا مقدارها ٤٥ ومضاعفاتها . ثم أدخلت على الجهاز بعض التعديلات بأن تبثت بوصلة فى قمة المنشور . وتتكون هذه البوصلة من إبرة مغناطيسية فتتحرك فى مستوى أفقى حول المحور الرأسى للمنشور الذى يمر بمركز دائرة مقسمة إلى ١٨٠ قسما كل قسم منها يعين درجتين، وهذه التقاسيم مدرجة فى اتجاه عقرب الساعة ، ومعين على الدائرة قطران متعامدان تعين أطرافها الجهات الأصلية الأربع ويتجه تدريج الدائرة من الشمال وتستعمل هذه البوصلة مع الجهات فى قياس زاوية انحراف أى خط وهى الزاوية التى يقطعها هذا الخط مع خط الشمالى المغناطيسى الذى يعينه اتجاه الإبرة .

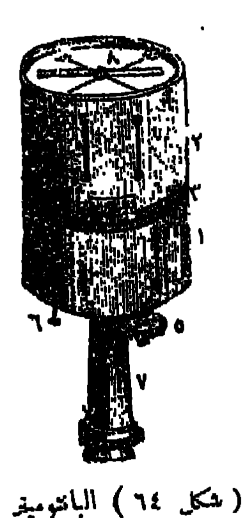
ولإيجاد انحراف أى خط بواسطة هذا الجهاز يثبت رأسيا ومسامتا لنقطة ابتداء هذا الخط ، ثم يدار الجهاز أفقيا حول محوره حتى تنطبق الابرة على القطر المعين لخط الشمال والجنوب ، ويكون الشمالى منطبقاً على نهايته التى تعين جهة الشمال، فإذا رصدت نهاية الخط على استقامة خط النظر المنطبق على اتجاه الابرة وكان هذا منطبقاً على خط الشمال يكون انحرافه فى هذه الحالة صفراً ، وإلا فيدار الجهاز حتى ترصد نهايته على استقامة خط النظر المنطبق على خط شمال البوصلة .

ويراعى أن ننظر فى الشرخ الواقع تحت طرفه الجنوبى مباشرة فتكون الزاوية التى يصنعها القطب الشمالى للابرة على تقاسيم الدائرة عبارة عن زاوية انحراف الخط .

ويمكن استعمال المثلث المساح المثبت به البوصلة فى قياس أية زاوية محصورة بين خطين وذلك بأن تقاس زاوية انحراف ضلعيها كل على حدة ، والفرق بين انحرافيها يساوى الزاوية المحصورة بينهما .

## البانتوميتر : ( Pantometer )

يتركب البانتوميتر من اسطوانتين مجوفتين من النحاس الأصفر منكستين فوق بعضهما مع انطباق حافتيهما معا ومربوطتين على استقامة محوريهما بحيث يمكن دوران الواحـــدة على الأخرى .




( شكل ٦٤ ) البانتوميتر
١ ــ الأسطوانة السفلى
٢ ــ الأسطوانة العليا
٣ ــ شريط مقسم إلى درجات
٤ ــ ورنية
٥ ــ مسمار ربط الاسطوانة السفلى
٦ ــ مسمار تحريك الاسطوانة العليا
٧ ــ قاعدة الجهاز

ويوجد بجوار كل منهما شرخ طولى يقابله فى الجهة الأخرى فتحة أو شباك مشـــدود فى وسطه شعرة طولية . ويحدد كل شرخ وشعرة متقابلتين فى الأسطوانة السفلى خط نظر هذه الأسطوانة . ويرى فى الجهاز أنه بالأسطوانة السفلى خط نظر واحد بينما فى الأسطوانة العليا خطا نظر متعامدان على بعضهما . ويوجد فى أعلى الأسطوانة السفلى شريط مقسم إلى ٣٦٠ درجة ومرقم على كل ١٠ درجات من صفر إلى ٣٦٠ بحيث يحاذى صفر التدريج محور الشرخ الموجود بها . ويوجد بالحافة السفلى للأسطوانة العليا ورنية تبين أجزاء الدرجة إلى ٦٠ دقيقة ويحاذى سهم الورنية أحد شرخى الأسطوانة العليـا ومثبت فى قاعدة الأسطوانة السفلى قرص معدنى مشترك معها فى المحور وهــذا القرص مركب على قرص آخر مساو له فى القطر بحيث يمكن دوران الأول على الثانى حول محور واحد هو محور الأسطوانتين . ويتصل القرص السفلى برأس مخروط أجوف يستعمل كقاعدة للجهاز يركب فى قمة الحامل عند الاستعمال .

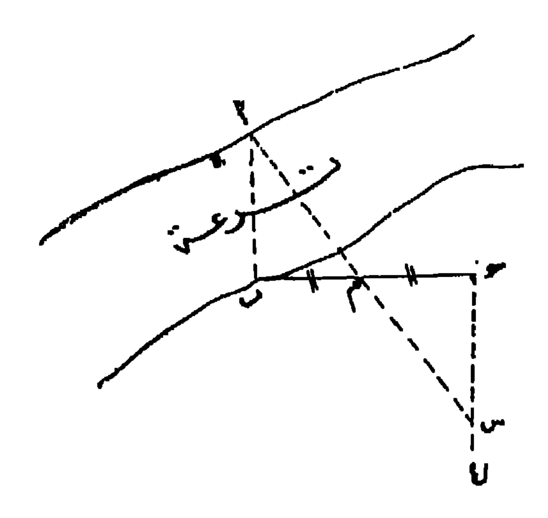
وفى قاعدة الاسطوانة السفلى ربطت قطعه معدنية بواسطة مسمار محوى بحيث إذا ربط تضغط القطعة المعدنية القرص السفلى على القرص العلوى وبذلك تمنع دوران القرصـــين على بعضهما أو بعبارة أخرى يمنع دوران خط نظر الأسطوانة السفلى . ويعرف هذا المسمار باسم مسمار ربط الأسطوانة السفلى . وتدار الاسطوانة العليا بواسطة رأس مسمار آخر ينتهى طرفه الداخلى بقرص دائرى يدور مع ترس آخر مثبت بتلك الأسطوانة ، وبذلك يمكن أن يدار خط نظر الأسطوانة العليا حول خط نظر الاسطوانة السفلى فى أى اتجاه ومثبت فى الأسطوانة العليا بوصلة تستعمل عند اللزوم لتبيين انحرافات أضلاع الزوايا التى تقاس بالجهـــاز إذا طلب ذلك .

ولاستعمال البانتوميتر فى قياس زاوية فى مستوى أفقى يركب فوق حامله ،وبعد ذلك يرصد الشاخص المحدد لضلع الزاوية الأيمن على استقامة خط نظر الأسطوانة السفلى ، وبعد جعل الشعرة تنصف الشاخص تماماً يربط المسمار حتى لاتدور الأسطوانة السفلى بعد ذلك . ثم يوجه خط نظر الأسطوانة العليا فى اتجاه الشاخص المحدد لضلع الزاوية الأيسر وذلك بتحريك رأس المسمار ، وبعد جعل الشعرة تنصف هذا الشاخص تقرأ الزاوية التى يعينها سهم الورنية على تقاسيم الأسطوانة السفلى فتكون هى مقدار الزاوية المقيسة .

بعض العمليات التى يستخدم فيها المثلث المساح أو البانتوميتر :

العملية الأولى : قياس اتساع مجرى مائى كنهر أو ترعة أو أى بعد لا يمكن قياسه مباشرة :

إذا طلب تقدير اتساع ترعة نختار أية ظاهرة فى الضفة المقابلة تكون قريبة من الشاطىء بقدر الإمكان كأن تكون شجرة أو صخرة ثابتة وهى الموجودة أو المرموز لها بالشكل ا ،ونضع شاخصا فى الضفة المقابلة وهى التى ستتم عليها عملية الرصد




( شكل ٦٤ )

وليكن هذا الشاخص ب ،ونقيم من هذه النقطة بواسطة المثلث المساح عمودا على ا ب مثل ب حـ . ثم نقيس طول هذا العمود وننصفه فى م .ومن حـ نقيم عمودا آخر على ب حـ وليكن حـ ل بطول مناسب ونتحرك على طول الخط حـ ل حتى نصل إلى نقطة يظهر فيها الشاخص الموجود فى م منطبقاً على الظاهرة ا فنكون قد حصلنا على مقدار اتساع الترعة وهو المساوى للخط حـ س .

وإثبات ذلك نظريا كالآتى :

بمقارنة المثلثين ا ب م ، س حـ م

نجد أن الزاوية ا ب م = س حـ م ( بالقيام )

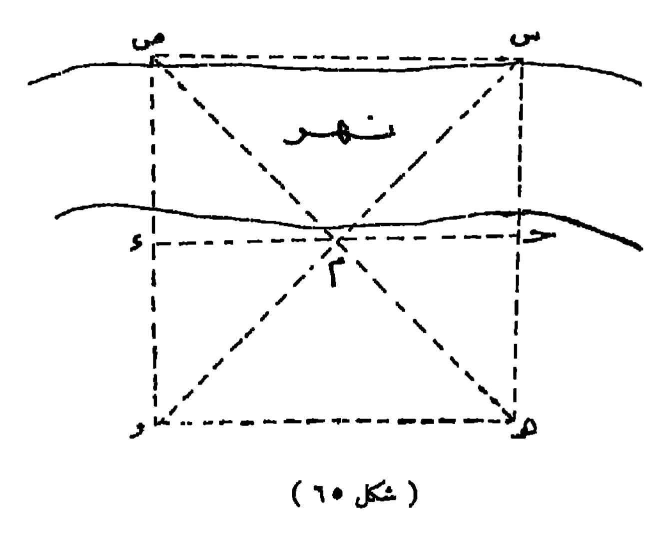
والضلع ب م = ج م ( بالتنصيف )

والزاوية ا م ب = الزاوية س م ج ( بالتقابل )

∴ حـ س = ا ب ، حـ س هو الطول المقاس ، ا ب هو اتساع الترعة المطلوب قياسه .

العملية الثانية : قياس بعد على الضفة الأخرى لنهر أو ترعة :

فى الشكل س ، ص ظاهرتان على ضفة نهر والمطلوب إيجاد البعد بينهما على أن يتم الرصد كاملا على الضفة المقابلة ، يعين الاتجـاه ا ب ضلعى الطول وامتداد الضفة المطلوب الرصد فيها وبواسطة المثلث المساح تعين موضع العامود الساقط من ص على ا ب والعمود الساقط من س على ا ب وليكن موضع العمودين هما حـ ، ى ونضع فى كل منهما شاخصاً




( شكل ٦٥ )

آخر على امتداد الإتجاه س حـ حتى تصل إلى نقطة مثل هـ يظهر فيها الشاخص الموجود فى م منطبقاً على الظاهرة ص الموجودة على الضفة الأخرى ، ثم نتحرك كذلك على امتداد ص ى

حتى نصل لنقطة ل ويظهر منها الشاخص م منطبقاً على الظاهرة س الموجودة على الضفة الأخرى ثم نقيس البعد بين نقطتى هـ ، و فيكون هو البعد بين الظاهرتين س ، ص المطلوب إيجاده . وإثبات ذلك نظريا كالآتى :

المثلث حـ هـ م ينطبق على المثلث ى ص م
والمثلث حـ م س ينطبق على المثلث ى م و
∴ المثلث م هـ و ينطبق على المثلث م س ص
∴ هـ و = س ص وهو المطلوب .

# البوصلة المنشورية

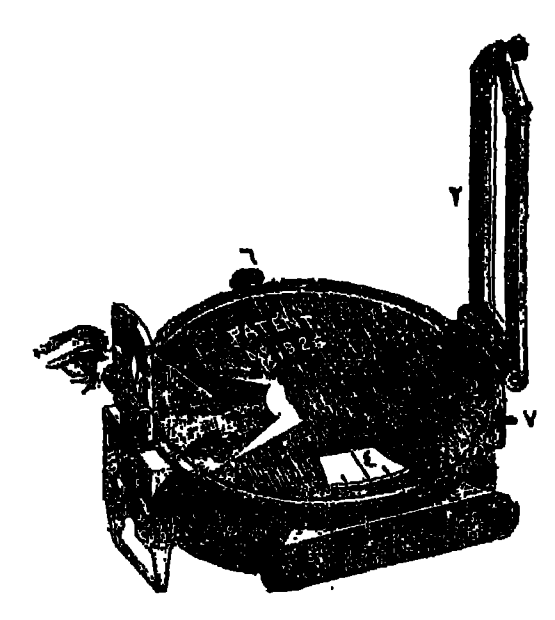
**Prismatic Compass**

---

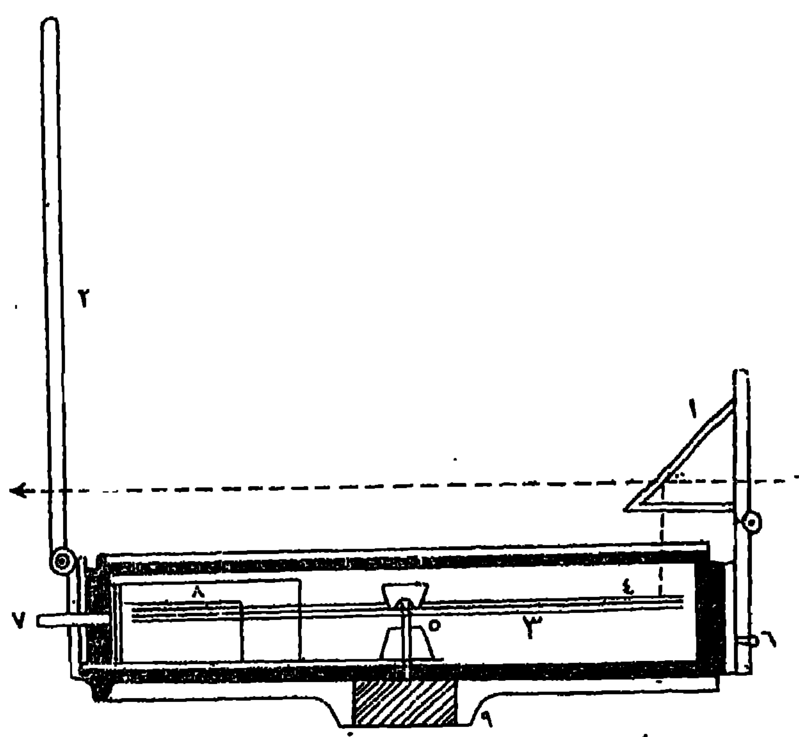
تستعمل البوصلة المنشورية فى قياس زاوية انحراف أى خط عن خط الشمال المغنطيسى وقد سميت كذلك لأن تقاسيمها تقرأ بوساطة منشور ثلاثى من الزجاج . وقد تستعمل فى ايجاد مقدار أية زاوية محصورة بين خطين متقاطعين بأن تقاس زاوية انحراف كل من الخطين على حدة وتحسب الزاوية المحصورة بينهما بأن تساوى الفرق بين انحرافيهما . ومما تقدم نتبين أن البوصلة المنشورية يمكن أن تستعمل فى رفع أى ترافرس من الطبيعة كما لو كانت إحدى الآلات الزاوية .

<u>وصف الجهاز</u> : تتركب من علبة أسطوانية الشكل من النحاس يبلغ قطرها نحو عشرة سنتيمترات وارتفاعها نحو سنتيمترين ، مثبت فى مركز قاعدتها وعمودى على مستواها سن مدبب ترتكز عليه إبرة مغنطيسية بحيث يمكن دورانها حوله فى مستوى أفقى . ومثبت بالإبرة المغنطيسية قرص دائرى من الألومنيوم يدور تبعاً لدورانها . وهذا القرص مقسم على طول محيطه إلى درجات وأنصاف الدرجات ومدرج فى اتجاه تحرك عقربى الساعة كل عشر درجات ابتداء من القطب الجنوبى للإبرة .

ومثبت بجدار العلبة قطعة معدنية تتصل اتصالا مفصليا بشظية مشدود فى وسطها وفى اتجاه طولها سلك رفيع يستعمل فى رصد الأهداف المحددة للخطوط المطلوب قياس انحرافاتها . وهذه الشاظية يمكن دورانها فى مستوى رأسى وتطبق على وجه العلبة عند عدم استعمال الجهاز . ويقابل الشظية قطريا قطعة معدنية أخرى مثبتة فى جدار العلبة الخارجى ، وتتصل من أعلى اتصالا مفصليا بمنشور ثلاثى من الزجاج مغلف من جميع جهاته بصفائح من النحاس . ويوجد بوسط وجهى المنشور المتعامدين ثقبان فائدتهما عكس صورة تقاسيم القرص على عين الراصد عند القراءة . ويمتد غلاف الوجه الذى به الثقب قليلا خارج حافة المنشور ويوجد به شرخ طولى على استقامة مركز الثقب ، وهذا الشرخ يقابل قطريا الشعرة المثبتة بالشاظية وتشخص على على استقامتيهما الخطوط المطلوب قياس انحرافاتها .




( شكل ٦٦ ) البوصلة المنشورية




١ — منشور ثلاثى من الزجاج  ٢ — شغلية رأسية
٣ — إبرة مغنطيسية  ٤ — قرص من الالومنيوم مدرج إلى ٣٦٠°
٥ — حامل الإبرة والقرص  ٦ — مسمار الضبط .
٧ — مسمار لضغط الياى  ٨ — ياى لضبط حركة القرص
٩ — قاعدة لتركيب الحامل  ١٠ — خط نظر الجهاز

( شكل ٦٧ ) قطاع رأسى فى البوصلة المنشورية

وينفذ من جدار العلبة تحت الشطية مسمار يتصل من الداخل بطرف صفيحة معدنية أو ياى مثبت طرفها الآخر بجـــدار العلبة الداخلى ، ووظيفة هذا المسمار وقف حركة القرص أو الابرة عند قراءة زاوية الانحراف وذلك بالضغط عليه ،فيضغط طرف الصفيحة أو الياى على القرص ويوقف حركته .

وعند استعمال الجهاز يركب على حامل ذى ثلاث شعب أو يمسك باليد فى مستوى أفقى .

وفى الأجهزة الحديثة للبوصلة المنشورية أضيفت مرآة تتصل اتصالا مفصليا تنزلق على طول الشظية ويمكن تثبيت هذه المرآة على أى ميل بالنسبة للشظية حتى تعكس صورة الهدف المرصودة على عين الراصد ولا تستعمل لهذا الغرض إلا فى حالة ما إذا كان الهدف أعلى من الأفق بكثير .

كذلك أضيفت إلى الأجهزة الحديثة عدسات ملونة تتحرك أمام الشرخ ، وتستعمل لمنع تأثير وهج أشعة الشمس عن عين الراصد خصوصاً إذا كان المقصود قياس زاوية سمت قرص الشمس .

الانحراف : ( Bearing. )

الانحراف نوعان : انحراف حقيق أو جغرافى ، وانحراف مغنطيسى .

والانحراف الحقيق هو مقدار الزاوية التى يصنعها أى اتجاه مع خط الشمال الحقيق أو الجغرافى ، وهو الخط الواصل بين مكان الراصد والقطب الشمالى .

أما الانحراف المغنطيسى فهو مقدار الزاوية التى يصنعها أى اتجاه مع خط الشمال المغنطيسى ، وهو عبارة عن الخط الواصل بين مكان الراصد والقطب المغنطيسى الشمالى .

وخط الزوال الحقيق أو الجغرافى ، وهو الخط الواصل بين القطب الشمالى الجغرافى والقطب الجنوبى الجغرافى ، ثابت لا يتغير فى كل وقت وفى كل مكان كما هو معروف . أما خط الزوال المغنطيسى فغير ثابت لعدم ثبات موقع القطبين المغنطيسيين . وموقع القطب الشمالى هو ما تشير إليه أية بوصلة مغنطيسية .

وأول من اكتشف هذا القطب هو السير روس Ross سنة ١٨٣١ ووجده بعيد أعن القطب الشمالى الجغرافى بنحو ١٠٠٠ ميل إلى الغرب ،وواقعا فى شبه جزيرة بوثيا Boothia فى الشمال الأقصى لأمريكا الشمالية على خط عرض ٥َ ٧٠° شمالا وخط طول ٢٣ ٩٦° غرباً .

وكذلك اكتشف شاكلتن Shackleton القطب الجنوبى المنطيسى فى أثناء رحلة له سنة١٩٠٩ ووجد أنه يقع إلى الشرق من القطب الجنوبى الجغرافى على خط عرض ٢٥َ ٧٢° جنوباً وخط طول ١٥٤° شرقاً .

وموقع كل من هذين القطبين ليس ثابتا ولكنهما فى تغير مستمر فإن نقطة القطب المنطيسى تتحرك ببطء شديد من يوم إلى يوم ، فنجد أن اتجاه الإبرة المغنطيسية إذا كانت حساسة تتحرك حركة يومية ضعيفة جداً ؛ فى انجلترا مثلا يتحرك القطب الشمالى لإبرة الانحراف جهة الغرب يومياً من الساعة السابعة صباحا إلى الساعة الواحدة بعد الظهر،ثم يتحرك بعد ذلك جهة الشرق حتى الساعة العاشرة مساء ويثبت إلى الصباح . ولا تزيد هذه الحركة على عشر دقائق ،ويبدو أن موضع الشمس هو الباعث عليها وقد يكون للقمر كذلك تأثير فيها .

كذلك يتغير موقع نقطة القطب المنطيسى من عام إلى آخر . وهذه التغيرات السنوية تابعة لتحرك الأرض حول الشمس وتتجدد كل عام؛ فى جرينتش مثلا يتغير الانحراف سنوياً بمقدار ٢٥ً ٢َ ويبلغ التغير هذه النهاية جهة الشرق فى شهر أغسطس وجهة الغرب فى شهر فبراير .

وقد تحدث تغيرات دورية تتم فى عدد كبير من السنين ،فإذا سجل الانحراف فى مكان ما سنة بعد أخرى وكان اتجاهه مثلا غرب الشمال الحقيقى يلاحظ أنه يتغير ببطء من الغرب إلى الشرق ثم يعود إلى الغرب وتستغرق الدورة من أقصى نقطة فى الغرب إلى أقصى نقطة فى الشرق عدة قرون .

فهناك — إذاً — اختلاف بين الانحراف الحقيقى والانحراف المنطيسى لأى خط لعدم انطباق خطى الزاوية الجغرافى والمنطيسى ، وهو ما يعرف باسم الاختلاف المنطيسى Magnetic Variation . وبمعرفة درجة الاختلاف المنطيسى يمكن تحويل الانحرافات الحقيقية إلى انحرافات مغنطيسية أو العكس .

ودرجة الاختلاف المغنطيسى تكون إما شرقا أو غربا حسب موقع القطب الجغرافى الشمالى والقطب المغنطيسى الشمالى بالنسبة للمكان .

وهناك خرائط خاصة تبين درجات الاختلاف المغنطيسى فى الأماكن المختلفة على سطح الأرض . وترسم هذه بطريقة خطوط التساوى (Isopleths) يمر كل خط منها بالأماكن المتساوية فى درجة اختلافاتها المغنطيسية ونوع هذا الاختلاف شرقا أو غربا ، وتعرف هذه الخرائط باسم (Isogonic maps)

ويمكن استخدام درجة الاختلاف المغنطيسى فى تحويل الانحرافات الحقيقية إلى انحرافات مغنطيسية ، وكذلك تحويل الانحرافات المغنطيسية إلى انحرافات حقيقية ، وذلك بإضافة درجة الاختلاف أو طرحها حسب الأحوال . ودرجة الاختلاف المغنطيسى فى القاهرة ضئيلة للغاية لا تجاوز درجة واحدة ، ولذلك يمكن اعتبار الانحراف المغنطيسى لأى اتجاه فى القاهرة إنحرافاً جغرافيا على سبيل التجاوز .

ويقاس الانحراف المغنطيسى لأى خط أو اتجاه بواسطة البوصلة المنشورية . وهذا الانحراف ـ كما ذكرنا ـ يساوى الزاوية المحصورة بين خط الشمال المغنطيسى وهذا الخط مقيسة من على يمين خط الشمال المغنطيسى فى اتجاه عقارب الساعة .

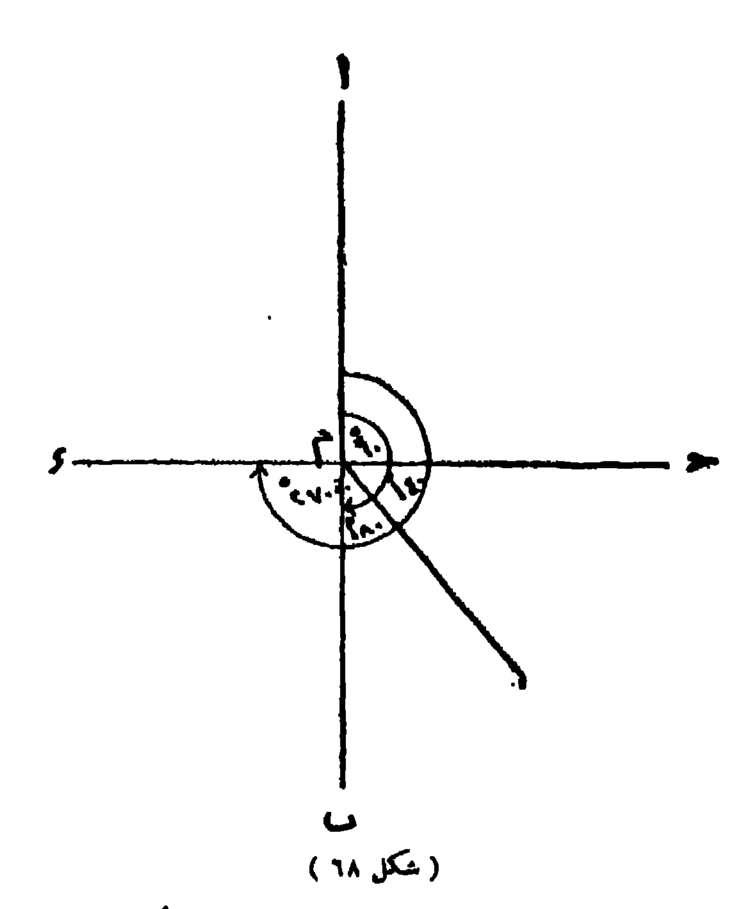
ففى الشكل رقم ( ٦٨ ) إذا كان الخط أ ب يمثل خط الشمال المغنطيسى كانت نقطة ح تنحرف عن نقطة م بمقدار ٩٠° ، ونقطة هـ تنحرف عن نقطة م بمقدار ١٤٠° ، ونقطة ب تنحرف عن نقطة م بمقدار ١٨٠° ، ونقطة د تنحرف عن نقطة م بمقدار ٢٧٠° ، ونقطة أ تنحرف عن نقطة م بمقدار ٣٦٠° أو صفر .

ومعنى هذا أنه إذا وقف الراصد فى نقطة م وثبت البوصلة المنشورية فى هذه النقطة ووجهها نحو نقطة ح فإنه سيقرأ فى تقاسيم البوصلة ٩٠° ، وإذا وجهها نحو نقطة هـ فإنه سيقرأ فى تقاسيم البوصلة ١٢٠° وهكذا .

فهذه الانحرافات ترصد فى الطبيعة بواسطة البوصلة المنشورية ، ويمكن توقيعها على الورق بواسطة المنقلة على ضوء قراءات البوصلة .

**الانحراف الأمامى والانحراف الخلفى :**

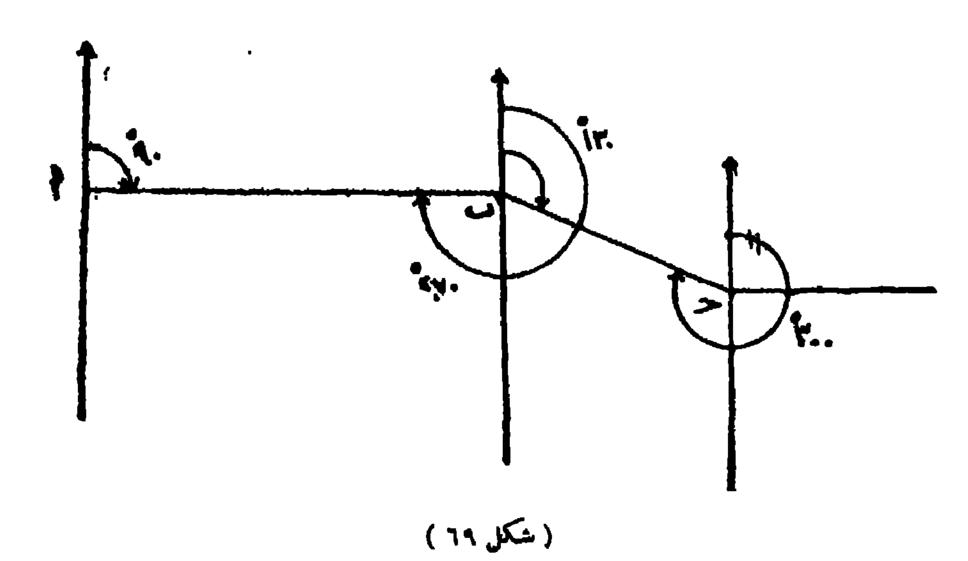
تعرف الانحرافات المذكورة بالانحرافات الأمامية . فالانحراف الأمامى هو الانحراف




( شكل ٦٨ )

الذى يؤخذ من مكان الراصد لنقطة معلومة . أما ما يعرف بالانحراف الخلفى فيقصد به الانحراف بين هذه النقطة المعلومة والمكان الأول للراصد .

ففى الشكل رقم ( ٦٩ ) نفرض أن ا هى مكان الراصد ، ب هى المكان الذى يرصد




( شكل ٦٩ )

انحرافه ، فيكون الانحراف الأمامى لنقطة ا هو مقدار الزاوية المقيسة من على يمين خط الشمال فى اتجاه عقارب الساعة إلى الخط الواصل بين ا ب وهى فى هذه الحالة ٩٠° .

فاذا انتقلنا إلى النقطة ب وأردنا أن نقيس الانحراف الأمامى لها كان هذا الانحراف هو مقدار الزاوية المحصورة بين خط الشمال والخط ب ح مبتدئين بالقياس من خط الشمال ومتجهين من اليسار إلى اليمين فى اتجاه عقارب الساعة. وليكن مقدار هذا الانحراف ١٣٠° مثلا . أما إذا أردنا أن نرصد الانحراف الخلفى لنقطة ب فهو عبارة عن الزاوية المحصورة بين الشمال والخط ا ب مبتدئين بالقياس من خط الشمال ومتجهين مع عقارب الساعة وسيكون الانحراف فى هذه الحالة ٢٧٠° .

ويلاحظ أن الفرق بين الانحراف الأمامى والانحراف الخلفى للنقطة أو الخط يساوى ١٨٠° . وعلى ذلك فاذا كان الانحراف الامامى لنقطة ب ١٣٠° فلا بد أن يكون الانحراف الخلفى لنقطة ح هو ٣١٠° .

ويستفاد من هذه الحقيقة فى التحقق من صحة الرصد فى قياس الانحراف بين مكانين على الطبيعة . فلو أن الراصد اتجه إلى نقطة ح وقاس الانحراف الخلفى فوجده ٣١٠° كان قياسه صحيحا ، وما عدا ذلك فهو خطأ فى الرصد فى إحدى النقطتين أو فى كلتيهما .

وفى استخدام البوصلة المنشورية يجب أن يوضع فى الاعتبار ما يلى :

أولا — يحتاط فى استخدام البوصلة بالا تكون قريبة من علامات أو آلات حديدية بأقل من عشرة أمتار حتى لا يؤثر الحديد فى اتجاه الابرة المغنطيسية

ثانيا — ينبغى أن تكون البوصلة فى وضع أفقى حتى لا يحتك القرص بجدار العلبة فيسبب خطأ فى الرصد .

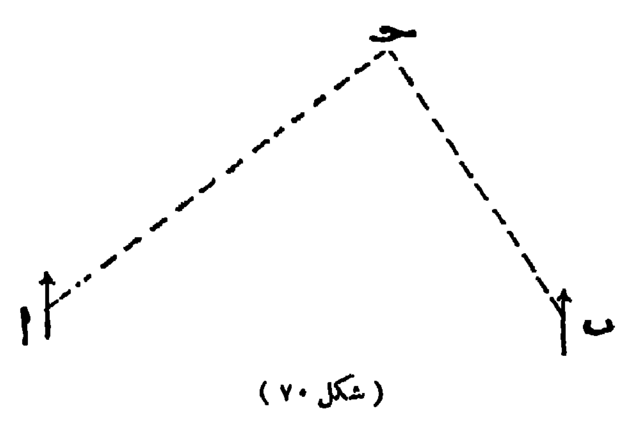
استخدام البوصلة فى تعيين مكان الراصد على الخريطة أو إضافة تفصيلات على الخريطة ليست موجودة بها :

يمكن أن تتم هذه العملية بطريقتين :

أولا — طريقة التقاطع : ( Intersection )

لنفرض أن شخصاً وصل إلى مكان ما ويريد أن يبين موقعه على الخريطة التى يحملها ، فيختار ظاهرتين فى الطبيعة قريبتين من موقعه ، وموقعتين على الخريطة التى فى يده ،

ولتكن الظاهرتان هما ا ، ب كما يبدو فى الشكل رقم ( ٧٠ ) فيقف الراصد عند الظاهرة الأولى ( ا ) ويرصد انحراف المكان المطلوب تعيينه وليكن ( حـ ) ثم ينتقل الراصد إلى الظاهرة الثانية (ب) ويرصد منها انحراف النقطة حـ . ويسجل القراءتين اللتين قرأهما فى البوصلة وهما تمثلان انحراف نقطة حـ من ا وانحراف نقطة حـ من ب .




( شكل ٧٠ )

ثم يرسم على الخريطة خطا يمثل الشمال المغنطيسى يمر بالنقطة أ وآخر موازيا له يمر بالنقطة ب . وبواسطة النقلة يعين الانحرافين السابق رصدهما على الطبيعة ويرسم خطين يتقاطعان فى نقطة هى حـ المطلوب تحديدها .

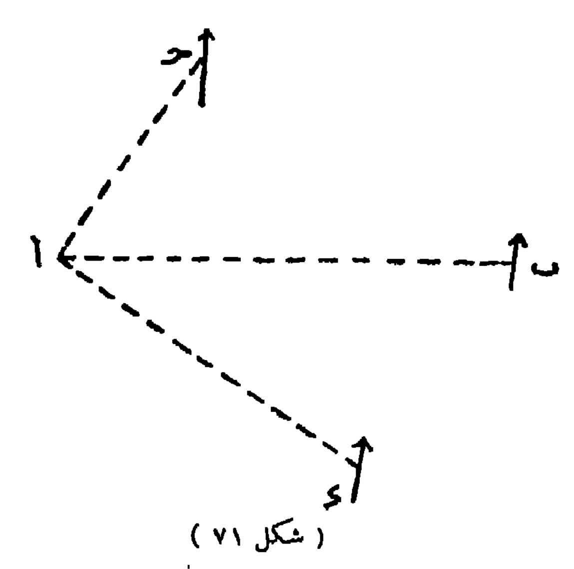
وبالطريقة ذاتها يمكن إضافة تفصيلات على الخريطة ليست موقعة عليها .

ثانياً — طريقة التقاطع العكسى: ( Resection )

أما طريقة التقاطع العكسى فتتميز عن طريقة التقاطع بأن الراصد فيها لا ينتقل إلى مكان الظاهرات الثابتة الموقعة على الخريطة ، ولكن يقوم بعمليات الرصد من مكانه أو من النقطة التى يريد تحديدها على الخريطة .

فى الشكل رقم ( ٧١ ) لنفرض أن المكان المطلوب تحديده على الخريطة هو نقطة ا وأن الظاهرات الثابتة الموقعة على الخريطة التى بيده — على فرض أنها أكثر من ظاهرتين ليكون العمل أكثر دقة — هى ب ، حـ ، د .

فيثبت الراصد البوصلة المنشورية فى النقطة ا ويرصد منها انحرافات النقط ب ، حـ ،د .
ثم يرسم على الخريطة خطاً يمثل الشمال المنطيسى يمر بنقطة ب ، وآخرين موازيين له يمران بالنقطتين ج ، د وبواسطة المنقلة يعين الانحرافات الخلفية لنقطة ا من النقط الثلاث الأخرى.




( شكل ٧١ )

وهذه الانحرافات الخلفيــة هى مقدار الانحرافات الأمامية التى رصدها بالبوصلة من نقطة أ مضافاً إلى كل منهـا ١٨٠° إذا كانت أقل من ١٨٠° ، أو مطروحاً منها ١٨٠° إذا كانت أكثر من ١٨٠° .

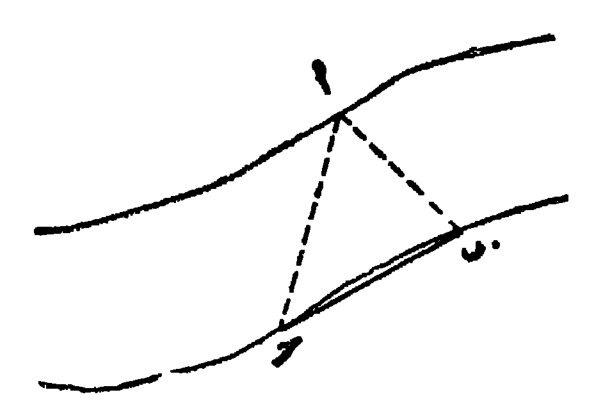
فإذا كان الرصد دقيقاً تتلاقى الخطوط الثلاثة التى تمثل الانحرافات الخلفية فى نقطـة واحدة هى ا ، أى المكان المطلوب تحديده على الخريطة ، أو الظاهرة المطلوب إضافتهـــا إلى الخريطة .

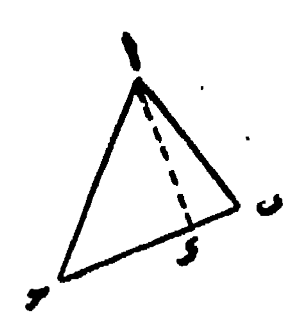
استخدام البوصلة المنشورية فى القياس غــير المباشر :

أولا — قياس عرض مجرى مائى :

إذا أردت قياس اتساع مجرى مائى على أن تتم عمليات الرصد على ضفة واحدة لهـذا المجرى ، فاختر ظاهرة واضحة على الضفة المقابلة كعمود أو شراع مركب راسية. ولتـكن هذه الظاهرة فى الشكل رقم ( ٧٢ ) هى النقطة ا . ثم حدد نقطتين على الضفة التى يتم منها الرصد مثل ب ، جـ على أن تـكون النقط الثلاث شكل مثلث .

ثم أرصد بالبوصلة المنشورية انحراف نقطة ا من ب ، وانحراف نقطة ا من جـ. ثم قس المسافة بين ب ، جـ قياساً مباشراً بإحـدى أدوات القياس المباشر كالجنزير أو الشريط ، وبذلك تنتهى مرحلة العمل على الطبيعة .




( شكل ٧٢ )

ثم أرسم على لوحة من الورق الخط ب حـ المقاس على الطبيعة بمقياس رسم مناسب ، ووقع خط الشمال المغنطيسى على كل من نقطتى ب ، حـ ، ثم أرسم بالمنقلة انحراف ا من كل من نقطتى ب ، حـ، فيلتقى هذان الانحرافان فى نقطة هى ا مكونين المثلث ا ب حـ. ثم أسقط عموداً من نقطة ا على القاعدة ب حـ هو الخط ا د كما يبدو فى الرسم .

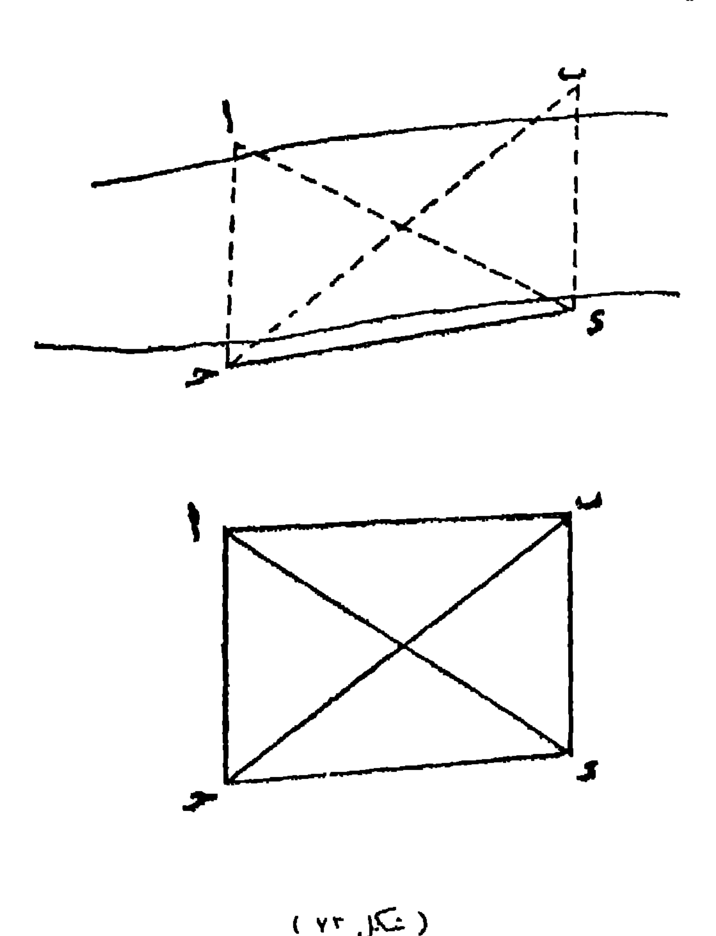
وقس طول العمود ا د واحسب طوله على الطبيعة حسب مقياس الرسم المستخدم ، فإن طوله يمثل اتساع المجرى المائى عند هذه النقطة .

ثانياً — قياس البعد بين ظاهرتين دون الوصول إليهما :

إذ أردت قياس البعد بين نقطتين على إحدى ضفتى نهر على أن يتم الرصد من الضفة الأخرى للنهر فاتبع الخطوات التالية :

لنفرض أن هاتين الظاهرتين هما ا ، ب فى الشكل رقم ( ٧٣ ) . فاختر على الضفة الأخرى التى يتم فيها الرصد نقطتين أخريين مثل حـ ، د . ومن نقطة حـ أرصد بالبوصلة

المنشورية انحراف كل من الظاهرتين ا ، ب . ومن نقطة د أرصد أيضاً انحراف الظاهرتين المذكورتين. ثم قس فى المسافة بين حـ ، د قياسا مباشراً باستخدام إحدى أدوات القياس كالجنزير أو الشريط .



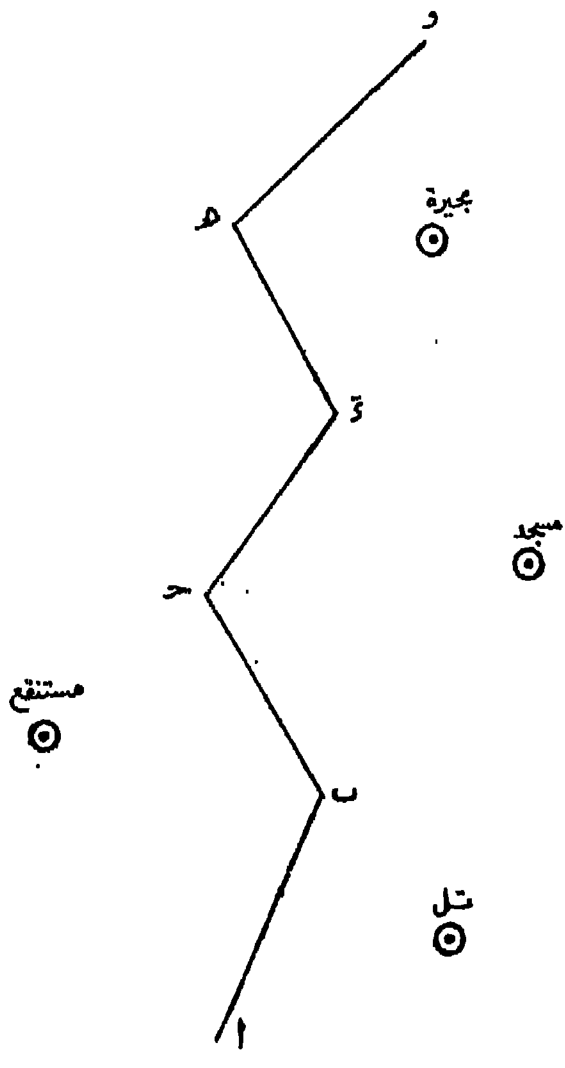

( شكل ٧٣ )

وعلى لوحة من الورق ارسم الخط حـ د المقاس على الطبيعة بمقياس رسم مناسب ، وبواسطة المنقلة عين انحراف ا من نقطتى حـ ، د ، فالتقاء شعاعى الانحراف يحدد موقع نقطة ا ، ثم عين انحراف ب من نقطتى حـ ، د . والتقاء شعاعى الانحراف يحدد موقع نقطة ب . وبذلك تكون قد انتهيت من تحديد موضع الظاهرتين ا ، ب . فإذا قست المسافة بينهما على اللوحة يمكنك الحصول على المسافة بينهما على الطبيعة على أساس مقياس الرسم الذى استخدمته فى توقيع الخط حـ د على الورق .

استخدام البوصلة المنشورية فى رفع ترافرس مفتوح ( open traverse ) :

لنفرض أن المطلوب رفع طريق يمكن تحديده بالنقط ا ، ب ، حـ ، د ، هـ ،و، وأن الظاهرات المطلوب توقيعها على جانبي الطريق هى التل والمسجد والبحيرة على الجانب الأيمن للطريق ، والمستنقع على الجانب الأيسر .

ابدأ عمليات الرصد من نقطة ا ، وارصد بالبوصلة المنشورية انحراف نقطة ب منها ، وأرصد كذلك انحراف التل من نقطة ا ، ثم انتقل إلى النقطة ب وقس فى أثناء انتقالك إليها البعد بين ا ، ب قياساً مباشراً وسجل هذا فى دفتر الغيط . وعندما تصل إلى النقطة




( شكل ٧٤ )

ب أرصد انحراف التل منها حتى تستطيع بطريقة التقاطع — التى سبق شرحها - أن

تحدد مكان التل على الخريطة عند الرسم . ومن نقطة ب أيضاً ارصد انحراف نقطة ﺣ وارصد في الوقت ذاته انحراف المسجد كظاهرة موجودة على يمين الطريق ، وارصد كذلك انحراف المستنقع كظاهرة موجودة على يسار الطريق ، ثم انتقل إلى نقطة ﺣ وفي أثناء انتقالك إليها قس البعد بين ب ، ﺣ قياساً مباشراً . ومن نقطة ﺣ ارصد ثلاثة انحرافات هي انحراف المسجد والمستنقع وانحراف نقطة د ، ثم انتقل إلى د وقس في أثناء انتقالك إليها البعد بين ﺣ ، د . ومن نقطة د ارصد انحراف ﻫ وانحراف البحيرة ثم قس البعد بين د ، ﻫ. ومن نقطة ﻫ ارصد انحراف البحيرة وانحراف نقطة و ثم قس البعد بين ﻫ ، و . وبذلك تكون قد حصلت على كل البيانات المطلوب توقيعها من الطبيعة .

انتقل بعد ذلك إلى توقيع هذه البيانات على لوحة من الورق مستخدما مقياس رسم مناسب بالنسبة لأطوال الخطوط بين النقط التي تحدد معالم الطريق ، أما الظاهرات الموجودة على جانبي الطريق فيمكنك توقيعها على الورق بواسطة المنقلة من واقع الانحرافات المغنطيسية التي رصدتها في الطبيعة ، وبطريقة التقاطع يمكنك تحديد موقع كل ظاهرة .

## استخدام البوصلة المنشورية في عمل مساحة لمنطقة صغيرة:

يمكن استخدام البوصلة المنشورية في رفع قطعة من الأرض بإحدى طريقتين :

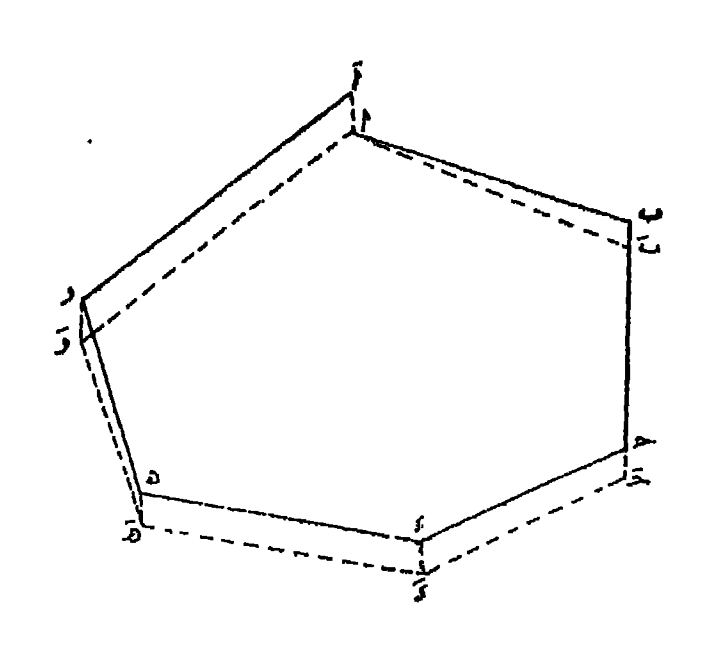
### الطريقة الأولى :

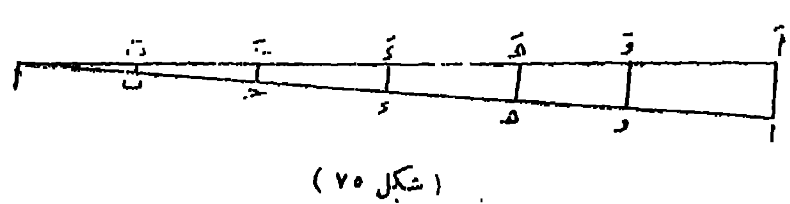
لنفرض أن قطعة الأرض المطلوب رفعها يمكن تحديدها بالنقط ا ، ب ، ج ، د ، ﻫ ، و فلرسم خريطة لهذا الشكل ( ترافرس مقفل closed traverse ) باستخدام البوصلة المنشورية ابدأ العمل من نقطة ا وارصد منها انحراف نقطة ب . ثم قس طول الضلع ا ب على الطبيعة قياساً مباشراً بواسطة إحدى أدوات القياس كالجنزير أو الشريط ، ثم انتقل إلى نقطة ب وارصد منها انحراف نقطة ج . أو بمعنى آخر انحراف الخط ب ﺣ بالنسبة لخط الشمال المغنطيسي .

وقبل انتقالك من نقطة ب يمكنك أن تتأكد من صحة رصد الانحراف الأمامي لنقطة ب بأن ترصد الانحراف الخلفي لها ، إذ يجب أن يكون الفرق بين الانحراف الأمامي والانحراف الخلفي - كما ذكرنا - ١٨٠° .

ثم قس طول الضلع ب ﺣ ومن نقط ج اتبع الخطوات السابقة وهي رصد الانحراف

الأمامي والانحراف الخلفى ثم قياس طول الضلع جـ د ، وكذلك الحال فى نقطتى د،هـ وحينما تصل إلى نقطة و أرصد انحراف نقطة ا ثم قس طول الضلع و ا . وبذلك تنتهى مرحلة العمل فى الطبيعة .





( شكل ٧٥ )

ولتوقيع الشكل على الورق اختر مقياس رسم مناسب وارسم على أساسه أضلاع الشكل. أما الانحرافات المغنطيسية فيمكن توقيعها بالمنقلة .

فإذا كان قياس الأضلاع ورصده للانحرافات سليما، انتهى الضلع الأخير ( و ا ) عند نقطة البداية (ا) أما إذا لم ينته الضلع الأخير عند نقطة ا ، أو بمعنى آخر إذا لم يقفل الشكل فيمثل الخطأ اَ ا فى هذه الحالة مايعرف بخطأ القفل فإذا أردنا تصحيح هذا الخطأ فيمكن إجراء ذلك

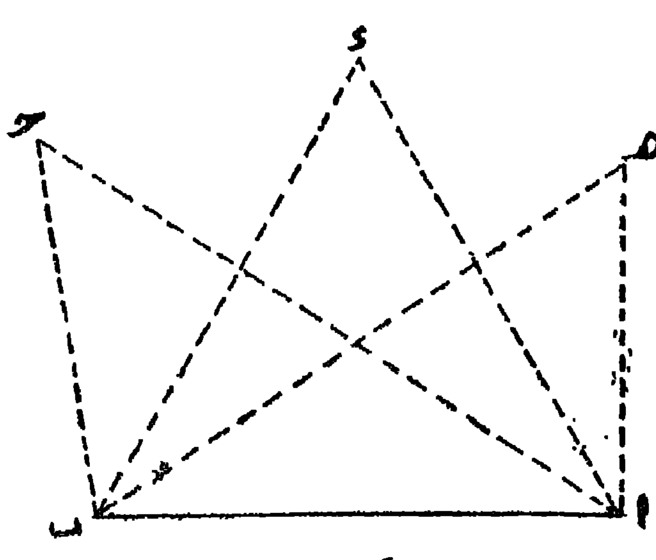
بتوزيع الخطأ على الأضلاع الخمسة للشكل حسب أطوالها ، بأن نرسم خطاً بمقياس مناسب يمثل مجموع أطوال الأضلاع الخمسة،ونقيم عند نقطة أ الأخيرة عمودا يساوى طول خطأ القفل الذى يمثله الخط ا اَ ونصل رأس هـذا العمود بالنقطة أ الأولى . ثم نقيم أعمدة من النقط ب ، حـ ، د ، هـ ، وعلى الخط ا ا فتلتقى هذه الأعمدة بهذا الخط فى النقط بَ ، جَ ، دَ ، هـَ ، وَ .

وعلى الشكل الأصلى نرسم عند كل نقطة خطا يوازى الضلع ا اَ ، وعلى المستقيم المرسوم عند نقطة ب نوقع طول العمود ب بَ ، وعلى المستقيم المرسوم عند نقطة جـ نوقع طول الضلع حـ حـَ . ونتبع العملية ذاتها بالنسبة للمستقيمات الأخرى الموجودة عند نقطة د ، هـ ، و . ثم نصل بين النقط ا ، بَ ، جَ ، دَ ، هـَ ، وَ وبذلك نحصل على الترافرس المقفل بعد تصحيح خطأ القفل .

## الطريقة الثانية :

وتعرف بطريقة التقاطع ، ولا تستخدم إلا إذا كانت الرؤية ممكنة . فيشترط إذا وقف الراصد فى نقطة أ مثلا يمكنه أن يرى النقط الأربع الأخرى ، وإذا وقف فى ب يمكنه أن يرى النقط الأربع الأخرى .

أما فى الطريقة الأولى فيكفى أن ترى كل نقطة من النقطة السابقة والنقطة التالية وهذا ممكن بالطبع إذا وجد عائق فى وسط قطعة الأرض .




( شكل ٧٦ )

وفى طريقة التقاطع اختر أحد الأضـــلاع وليـكن ا ب واتخذه خط قاعدة لعمليات الرصد . وقس طول هذا الخط قياسا مباشراً دقيقاً ، لأنه هو الخط الوحيد الذى يقاس فى استخدام هذه الطريقة .

ومن نقطة ا أرصد بالبوصلة المنشورية انحراف حـ ، د ، هـ .ومن نقطة ب أيضا أرصد انحرافات النقط الثلاث المذكورة .

وعلى لوحة من الورق ارسم خط القاعدة أ ب بمقياس رسم مناسب ، ومن طرفى هذا الخط ارسم بالمنقلة أشعة تمثـل انحرافات النقط حـ ، د ، هـ ؛فتلاقى شعاعى انحراف حـ من نقطتى ا ، ب يحدد موقع نقطة حـ ، وتلاقى شعاعى انحراف هـ من نقطتى ا ، ب يحدد موقع نقطة هـ .

وبذلك يتحدد لك على الورق موضع النقط الخمس ، فإذا وصلت بينها حصلت على الشكل الخماسى المطلوب رفعه .

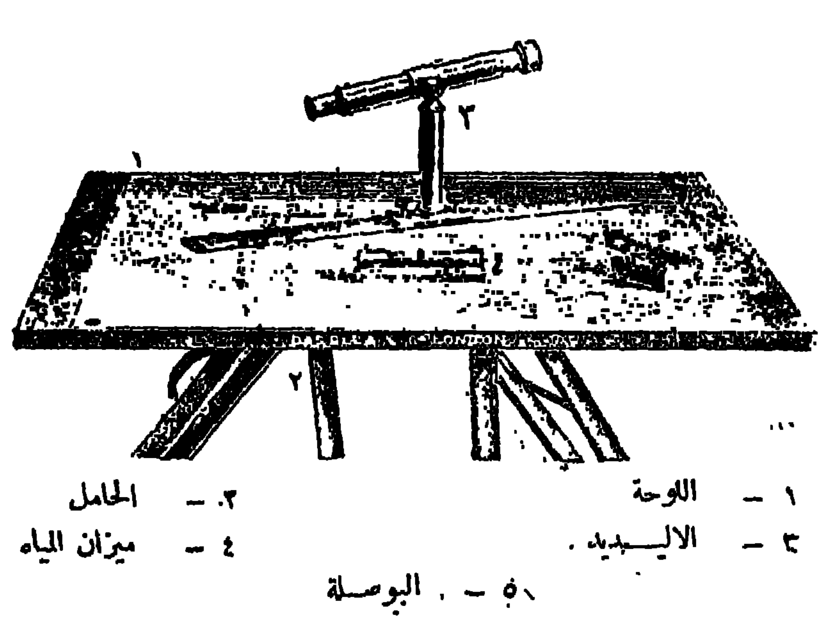
# المساحة بالبلانشيطة

**( Plane Tabling )**

تعتبر المساحة بالبلا نشيطة ( اللوحة المستوية ) من أسهل الطرق المساحية وأسرعها ، إذ تتميز عن المساحة بالجنزير والمساحة بالبوصلة المنشورية بأن بها يمكن رسم الشكل المكون من توصيل النقط الرئيسية بعضها ببعض مباشرة فى موضع العمل ، الأمر الذى يؤدى إلى معرفة النتيجة بمجرد انتهاء العملية وتحتاج المساحة بالبلانشيطة إلى الأدوات الآتية :

## أولا — لوحة البلا نشيطة :

هى لوحة رسم عادية من الخشب مستطيلة أو مربعة الشكل . وترتكز هذه اللوحة على حامل بحيث يمكن تحريك اللوحة فوق الحامل بحركة أفقية دائرية . وتثبت فوق لوحة البلا نشيطة عادة لوحة من الورق يتم فوقها رسم الخريطة المطلوبة .




١ — اللوحة　　　٢ — الحامل

٣ — الاليديد .　　　٤ — ميزان المياه

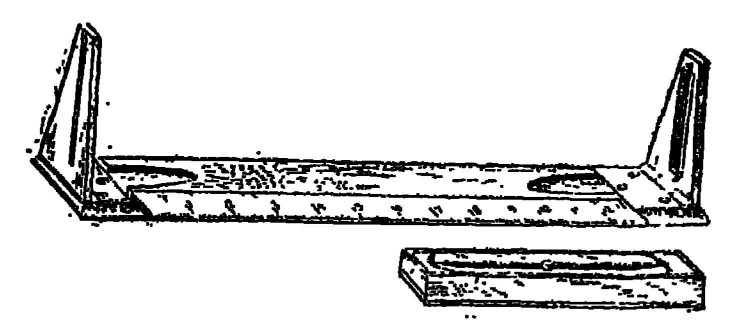
٥ — البوصلة

( شكل ٧٧ )

## ثانياً — العضادة أو مسطرة التوجيه : ( Sighting rule )

عبارة عن مسطرة عادية من الخشب أو المعدن مستقيمة الحرفين مركب فى طرفيها

تركيبا مفصليا شاظيتان بإحداها شرخ وبالأخرى فتحة فى وسطها شعرة . ويحدد الخط الواصل بين الشعرة والشرخ خط نظر العضادة ويمر بمحورها .

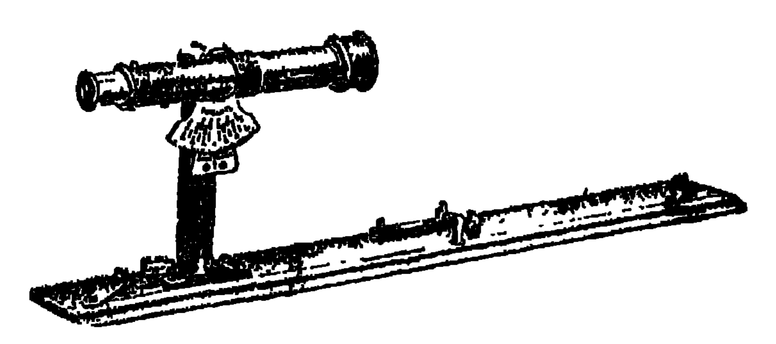


العضادة والوصلة

( شكل ٧٨ )

ثالثاً - الأليديد ( Alidade ) :

ويستعمل الآن بدلا من العضادة وهو عبارة عن منظار من نوع التلسكوب مركب فى قائم مثبت عموديا على مسطرة من المدن . ويدور المنظار فى مستوى يمر بحافة المسطرة بحيث يكون خط نظره فى مستوى حافة المسطرة .



الالديد التلسكوبى

( شكل ٧٩ )

رابعاً — ميزان المياه:

يتركب من أنبوبة ذات فقاعة مستطيلة الشكل مركبة على قاعدة معدنية مستوية. وأهم شرط فى ميزان المياه أن محوره يوازى مستوى قاعدته ، ولذلك نضبط أفقية لوحة البلا نشيطة بأن تتوسط الفقاعة أنبوبة ميزان المياه عند وضعه على اللوحة فى أى اتجاه .

خامساً ــ بوصلة الانحراف :

هى جهاز يتركب من إبرة مغنطيسية ترتكز على سن مدبب مثبت على قاعدته علبة مستطيلة من النحاس أو الخشب ، مغطاة بغطاء من الزجاج ومثبت بقاعدة العلبة من الداخل تحت طرفى الأبرة قوسان مقسمان بحيث يقع صفر تدريج كل منهما فى منتصفه . والخط الواصل بين صفرى التدريج يمر بمركز دوران الأبرة ويوازى جدار العلبة.

ويوجد نوع آخر للبوصلة يستعمل مع البلا نشيطة ويعرف بالبوصلة الصندوقية ، وهى عبارة عن إبرة مغنطيسية تتحرك فى مستوى أفقى على قاعدة مقسمة إلى ٣٦٠ درجة ، ومبين عليها الخطوط المعينة للجهات الأصلية والفرعية . والقاعدة السفلى للعلبة عبارة عن قرص مستدير وتستعمل البوصلة مع البلا نشيطة لتعيين خط الشمال المغنطيسى على الخريطة .

وهناك عدة ملاحظات ينبغى مراعاتها فى المساحة بالبلا نشيطة :

أولا ــ أفقية اللوحة ، وذلك باستخدام ميزان المياه ووضعه على لوحة البلانشيطة والتأكد من توسط الفقاعة فيه ، فى عدة اتجاهات متقاطعة .

ثانياً ــ مسامتة النقطة التى على اللوحة لنظيرتها فى الطبيعة .

ثالثاً ــ انطباق الخط المعين فى اللوحة على نظيره فى الطبيعة ، وانطباق الخطوط تترتب على مسامتة كل نقطة على اللوحة لنظيرتها فى الطبيعة .

رابعاً ــ مراعاة الدقة فى قياس الأطوال .

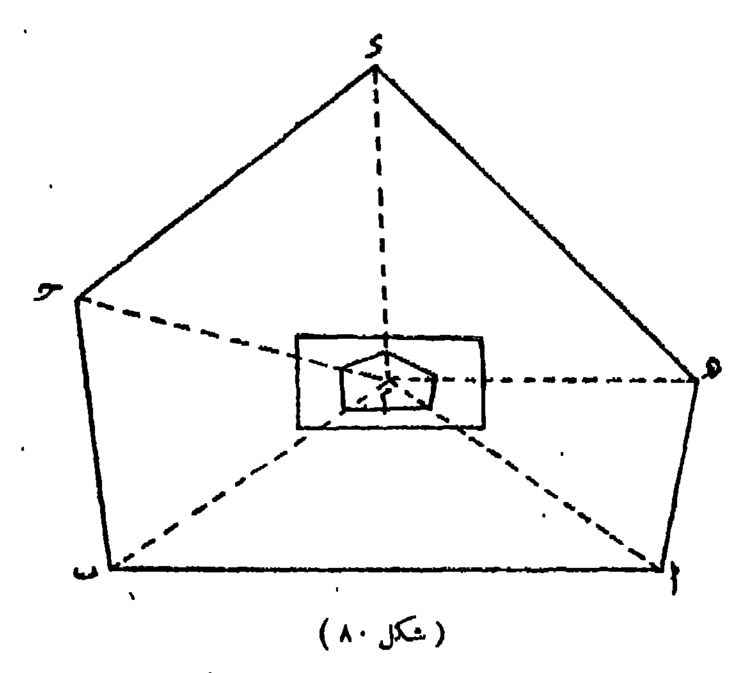
خامسا ــ مراعاة الدقة فى الرسم أو توقيع الإبعاد على الخريطة .

## طرق المساحة بالبلانشيطة

أولا طريقة الإشعاع أو الثبات( Radiation ) :

لنفرض أن قطعة الأرض المطلوب رفعها أمكن تحديدها بالنقط ا ، ب جـ ، د ، هـ فإذا أردت استخدام هذه الطريقة أختر نقطة فى وسط قطعة الأرض ولتكن م( كما فى شكل رقم ٨٠) بحيث يمكن منها رؤية جميع النقط الخمس الرئيسية فى الشكل وكذلك يمكن قياس بعد كل منها من هذه النقطة المركزية بدون مصادفة أى عائق .

ثبت البلا نشيطة فوق نقطة م فى الطبيعة ، واضبط أفقيتها بميزان المياه وارسم على اللوحة خط الشمال المغنطيسى بالبوصلة .




( شكل ٨٠ )

وباستخدام العضادة أو الاليديد أرسم على اللوحة أشعة لجميع النقط الرئيسية التي تحدد الشكل من النقطة المركزية ( م ) . ثم قس الأضلاع م ا ، م ب ، م حـ ، م د ، م هـ على الطبيعة قياساً مباشراً بالجنزير أو الشريط ، ووقع أطوالها على الأشعة المناظرة لها على اللوحة بمقياس الرسم المطلوب أو المناسب ، فتعين النقط الرئيسية على اللوحة . وبتوصيل هذه النقط بعضها ببعض على التوالي تحصل على هيكل الشكل ا ب جـ د هـ الذي يمكن أن تحشى على أضلاعه الحدود والتفاصيل بالطرق التي شرحناها في المساحة بالجنزير .

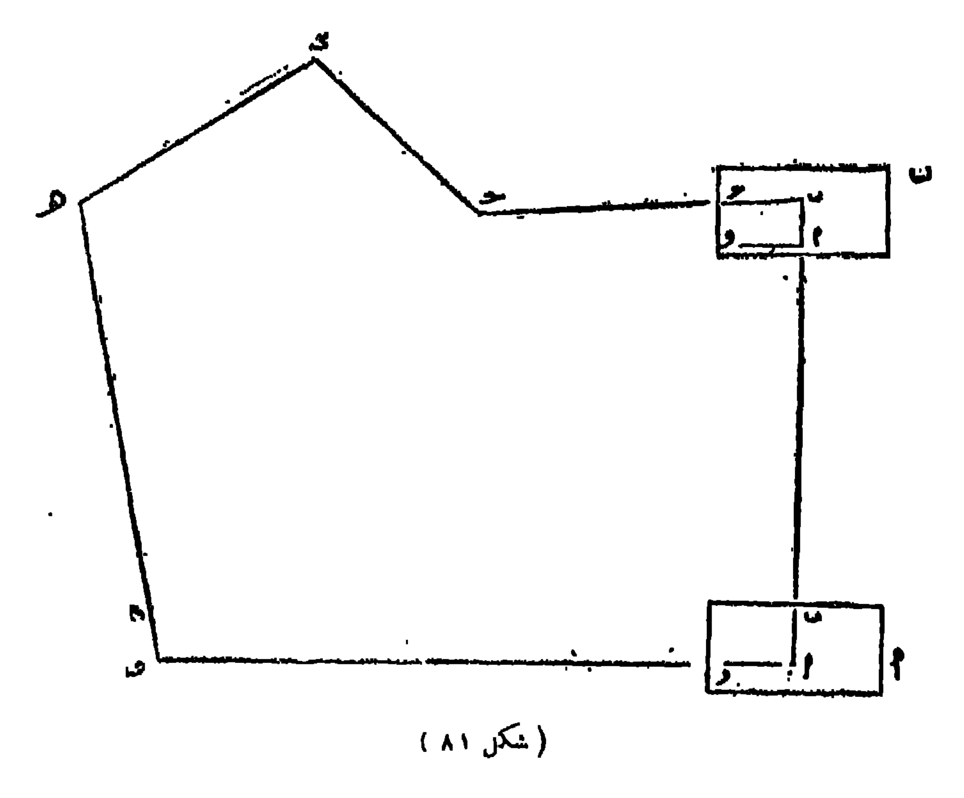
ويمكنك أن تتحقق من صحة العمل بقياس بعض أضلاع الشكل مثل ا ب أو ب حـ أو حـ د ، ومقارنة أطوالها على الطبيعة بنظائرها على اللوحة حسب مقياس الرسم .

ثانياً : طريقة الترافرس ( اللف والدوران ) Traverse :

إذا لاحظت في أثناء التجول في المنطقة المراد رفعها أن كل نقطة من النقط الرئيسية التي تحدد هيكل الشكل لا يمكن رؤيتها إلا من النقطتين المجاورتين لها مباشرة أي من النقطة السابقة لها والتالية لها ، فيتحتم عليك في هذه الحالة استخـــدام طريقة اللف والدوران .

وإذا فرضنا أنه أمكنك تحديد أركان المنطقة بالنقط ا ، ب ، حـ ، د ، هـ ، وكما في الشكل رقم ( ٨١ ) تستطيع أن تنجز العمل على النحو التالي :

ثبت البلانشيطة فوق نقطة ا واضبط افقيتها ثم عين موضع نقطة ا على اللوحة ولاحظ عند تعيينها أن يأخذ الشكل وضعاً مناسبا فى اللوحة . وبواسطة العضادة أو الاليديد ارسم شعاعا تجاه نقطة ب ثم قس طول ا ب على الطبيعة قياساً مباشراً ، ووقع طوله على الشعاع ا ب فى اللوحة بمقياس الرسم المطلوب أو المختار فتعين نقطة ب على اللوحة .



( شكل ٨١ )

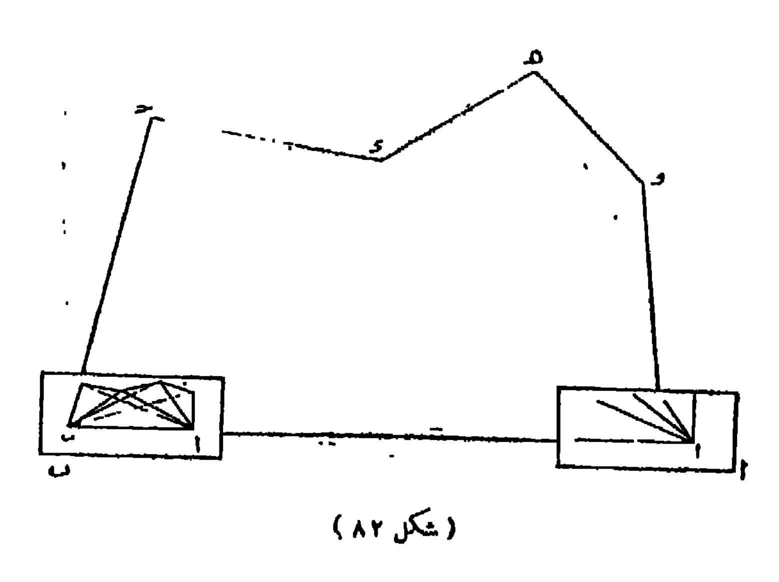
انقل البلانشيطة إلى نقطة ب وثبتها فوقها بحيث تكون النقطة ب المعينة فى اللوحة من قبل مسامته تماما للنقطة ب فى الطبيعة وتحقق ذلك بواسطة العضادة أو الاليديد . وبعد التأكد من توافر هذين الشرطين إلى جانب مراعاة أفقية اللوحة باستخدام ميزان المياه ارسم على اللوحة شعاعا من ب إلى حـ التى فى الطبيعة ، ثم عين موضع حـ فى اللوحة بتوقيع طول ب حـ بعد قياسه فى الطبيعة على الشعاع ب حـ حسب مقياس الرسم .

واستمر فى اجراء العمل بالطريقة ذاتها منتقلا من نقطة إلى أخرى حتى تصل فى النهاية إلى نقطة البداية ا فإذا قطع الشعاع و ا نقطة ا المعينة على اللوحة فى أول العملية كان العمل سليما . ويمكنك أن تتحقق أيضا بقياس الضلع و ا على الطبيعة فإذا وجدته يساوى الخط و ا فى اللوحة حسب مقياس الرسم كان العمل سليما .

ثالثا ـ طريقة التقاطع ( Intersection ) :

إذا لاحظت أثناء التجول فى المنطقة المراد رفعها بقصد تعيين النقط الرئيسية المكونة للشكل أن هذه النقط يمكن رؤيتها جميعاً من نقطتين متجاورتين فقط، فيمكنك فى هذه الحالة استخدام طريقة التقاطع لأنها أسرع من غيرها .

ويعرف الخط الواصل بين هاتين النقطتين بخط القاعدة . فاذا فرض وكانت النقط ا ، ب ، جـ ، د ، هـ ، و هى النقط الرئيسية وثبت لك أن هذه النقط يمكن رؤيتها من النقطتين ا ، ب ففى هذه الحالة اتخذ من الخط ا ب خط قاعدة وأنجز العمل كالآتى :



( شكل ٨٢ )

ثبت البلانشيطة فوق نقطة ا فى الطبيعة واضبط أفقيتها ، وعين موضع النقطة ا على اللوحة بحيث يأخذ الشكل الناتج وضعا مناسباً فيها .

ثم ارسم من نقطة ا التى على اللوحة أشعة إلى جميع النقط الرئيسية الأخرى ، كما ينبغى أن ترسم خط الشمال المغنطيسى الذى يجب أن تحافظ على اتجاهه طوال العملية .

ثم قس طول خط القاعدة ا ب قياساً مباشرا بالجنزير أو الشريط على أن تتوخى الدقة التامة فى عملية القياس لأن أى خطأ بسيط فى قياس طول هذا الضلع سيترتب عليه خطأ يتضاعف بالتدريج فى باقى مراحل العملية بحكم أن ا ب هو الضلع الوحيد الذى سيقاس طوله فى طريقة التقاطع .

ثم وقع طول ا ب على الشعاع ا ب فى اللوحة بمقياس الرسم المطلوب أو المناسب فيتعين موقع النقطة ب على اللوحة .

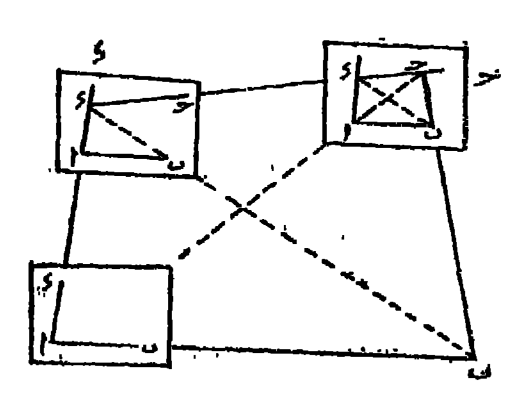
ثم انتقل بالبلانشيطة إلى نقطة ب وثبتها فوقها بحيث تكون النقطة ب التى سبق تحديدها على اللوحة مسامتة تماماً لنظيرتها فى الطبيعة ، وأن تكون النقطة ا فى الطبيعة على امتداد الخط ب ا المرسوم على اللوحة .

ثم ارسم من ب أشعة إلى جميع النقط الرئيسية التى سبق رسم الأشعة إليها من نقطة ا ، وذلك باستخدام المضادة أو الأليديد ، فتعين نقط تقاطع هذه الأشعة مع الأشعة الأولى كل مع نظيره ، مواضع النقط حـ ، د ، هـ ، و على اللوحة . وبتوصيل هذه النقط بعضها ببعض تحصل على هيكل الشكل المطلوب . ويمكنك أن تحشى الحدود ومعالم الطبيعة الأخرى على أضلاع هذا الشكل بالطرق التى شرحت فى المساحة بالجنزير .

رابعا — طريقة التقاطع العكسى : (Resection)

إذا فرض أن قطعة الأرض المطلوب رفعها — والتى تحددها النقط ا ، ب ، جـ ، د — يتعذر قياس جميع أضلاعها إلا ضلعا واحدا هو ا ب ، وتعذر استخدام طريقة التقاطع لوجود عوائق تحول دون رؤية بعض النقط من طرفى خط القاعدة ا ب ، فيمكن فى هذه الحالة استخدام طريقة التقاطع العكسى .

ويتم ذلك بأن نضع البلانشيطة فوق نقطة ا فى الطبيعة ونعين نقطة مسامتة لها على اللوحة ، ثم نرسم بواسطة الأليديد شعاعا تجاه الشاخص الذى يحدد نقطة ب ، ونأخذ عليه بعداً على اللوحة يساوى بعده على الطبيعة حسب مقياس الرسم . ونرسم من النقطة ذاتها شعاعا تجاه الشاخص الذى يحدد نقطة د . ثم ننقل البلانشيطة ونثبتها فوق النقطة د مع مراعاة أن يكون بعد النقطة ا عن د على اللوحة مساويا بقدر الإمكان لطول ا د فى الطبيعة حسب مقياس الرسم المستخدم ، وبحيث يكون الشعاع د ا فى اللوحة منطبقا على الخط د ا نظيره فى الطبيعة . فإذا توافر هذان الشرطان إلى جانب مراعاة أفقية اللوحة نربط اللوحة ونضع الأليديد بحيث تكون حافة مسطرته منطبقة على النقطة ب فى اللوحة ، ونحركه حتى نرصد النقطة ب فى الطبيعة فنرسم خطا على حافة المسطرة ونمده على استقامته إلى الوراء حتى يقطع الشعاع ا د فى نقطة هى الموضع الحقيقى للنقطة د فى اللوحة . ومن هذه النقطة نرسم شعاعا



( شكل ٨٣ )

إلى النقطة جـ فى الطبيعة . ثم ننقل البلانشيطة ونثبتها فوق النقطة جـ ونضبطها بحيث تتوافر فيها الشروط الثلاثة التى سبق ذكرها عند تثبيت اللوحة فوق النقطة د ، ثم نضع الأليديد بحيث تكون حافة مسطرته منطبقة على النقطة ب فى اللوحة ، ونحركه حتى نرصد النقطة ب فى الطبيعة فنرسم خطاً على حافة المسطرة ونمده على استقامته إلى الوراء حتى يقطع الشعاع د جـ فى نقطة هى الموضع الحقيقى للنقطة جـ فى اللوحة .

ويمكن التحقق من صحة هذه النتيجة برصد النقطة ا التى فى الطبيعة من ا التى فى اللوحة وبالبلانشيطة فى وضعها الأخير فوق جـ . فإذا مر امتداد هذا الشعاع ا ا بالنقطة جـ المعينة سابقا — وذلك إذا لم تكن الرؤية متعذرة — كان هذا دليلا على دقة العمل وإلا فيعاد ويحقق ثانية حتى تثبت دقته .

# المساحة بالمثلثات الشبكية

## Triangulation

تستعمل المثلثات الشبكية فى رفع الأقطار أو المناطق الشاسعة المساحة . وطريقة الرفع بالمثلثات الشبكية أساسها تغطيـة القطر أو المنطقة المطلوب رفعها بعدد من المثلثات المتتابعة التى يشترك كل مثلث مع آخر فى ضلع من أضلاعه .

وتتم المساحة بالمثلثات الشبكية إما باستخدام البلانشيطة أو باستخدام التيودوليت .

استخدام البلانشيطة فى المساحة بالمثلثات الشبكية :

يتخذ البعد بين نقطتين ثابتتين أساساً لعملية الرفع واعتباره خط قاعدة . وتقام على هذا الخط عدة مثلثات مشتركة . وأسهل الطرق التى يمكن استخدامها فى تعيين النقط المختلفة هى طريقة التقاطع . وتمر عملية الرفع بأدوار ثلاثة :

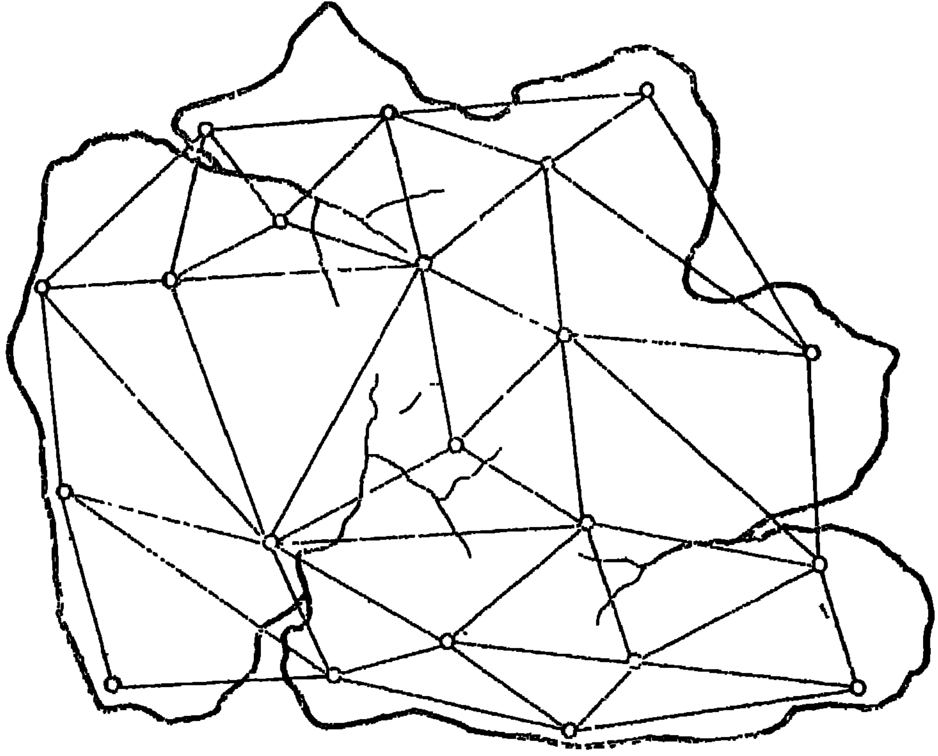
أولا — تعيين وقياس خط القاعدة : لما كان خط القاعدة هو الأساس فى إقامة شبكة المثلثات التى تغطى بها المنطقة ، وكما أنه الوحيد تقريباً من كل أضلاع المثلث الذى يقـاس قياساً مباشراً ينبغى قياسه بمنتهى الدقـــة فيجب أن يكون السطح بين النقطتين مستويا ومنتظما بقدر الإمكان . كما تلزم مراعاة رؤية نهايته بسهولة من النقط المجاورة التى تـكون رءوس المثلثات . ويقاس طول هذا الخط بالجنزير أو الشريط .

ثانيا — عمل المثلثات : يرفع خط القاعدة بعد ذلك برسمه على اللوحة على أن يتخذ فيها وضعا مناسباً ، ثم ترسم أشعة إلى أهم الظاهرات المجـاورة التى تصلح لأن تـكون رءوساً لمثلثات والتى يمكن رؤيتها من طرفى خط القاعدة . وبطريقة التقاطع التى سبق شرحها فى المساحة بالبلانشيطة تعين مواقع هذه النقط على اللوحة . ثم ننتقل باللوحة بعد ذلك إلى هذه النقط الجديدة الواحدة تلو الأخرى متخذين من كل اثنتين منها خط قاعدة جديد كلما أمـكن ذلك ، ثم نرسم أشعة منها إلى نقط أخرى جديدة كان من المتعذر رؤيتها من طرفى خط القاعدة الأول .

وهـكذا نستمر فى العمل منتقلين من نقطة إلى أخرى لتعيين رءوس مثلثات جديدة تعتبر فيما بعد طرفا لخط قاعدة جديد حتى تغطى المنطقة بشبـكة واسعة من المثلثات . ويراعى فى

زوايا هذه المثلثات أن تكون معتدلة وأضلاعها متناسبة ، فلا تقل الزوايا عن ٣٠° أو تزيد على ١٢٠° . وكلما كانت أطوال الأضلاع متقاربة ساعد هذا على سهولة العمل ودقته .

ثالثا — حشو المثلثات : بعد تعيين رءوس المثلثات وتغطية المنطقة بها ترفع الظاهرات الطبوغرافية الموجودة فى الطبيعة داخل هذه المثلثات . وتعين مواقعها بالنسبة للنقط السابقة وذلك بواسطة البلانشيطة . وبطريقة التقاطع أو التقاطع العكسى ، فتوقع أهم الظاهرات كانحناءات الطرق أو الأنهار ومواقع الكبارى وما إلى ذلك . وبذلك يحدد هيكل هذه الظاهرات بالنسبة للهيكل الأساسى للمنطقة . وبعد ذلك ترفع هذه الظاهرات رفعا تفصيليا بالترافرس أو بغيره من طرق الرفع . ويلاحظ فى تعيين مواقع الظاهرات أن طريقة التقاطع أسهل من طريقة التقاطع العكسى .



شكل ( ٨٤ ) جزيرة مغطاة بالمثلثات الشبكية

ويعرف هذا النوع من المثلثات بالمثلثات الشبكية البيانية .

على أن مساحة الأقطار الكبيرة لا يمكن الاعتماد فيها على البلانشيطة لإقامة مثل هذه الهياكل الأساسية التى تغطى القطر كله ، ذلك أن نقل البلانشيطة من مكان إلى آخر وطبيعة

العمل بها لا تخلو من بعض الأخطاء . وإذا كانت هذه الأخطاء البسيطة لا تؤثر فى رفع المناطق المحدودة المساحة فإنها لا تلبث أن تتراكم كلما تقدم العمل فى رفع المناطق الواسعة ثم إن هناك أمرا آخر لا يعمل له حساب فى المساحة بالبلانشيطة هو الفرق فى المنسوب بين كل نقطة وأخرى ، فالنقط الثابتة قد تكون على قمة جبل مرتفع ، وقد تكون على تل صغير ، وقد تكون فى منطقة سهلية تبعاً لظروف التضاريس وظروف العمل ، ومع ذلك فإننا نرفع بالبلانشيطة هذه النقط المختلفة المنسوب كما لو كانت كلها على مستوى واحد .

لذلك كله كان لا بد من الاعتماد على أجهزة أكثر دقه تراعى فيها الاعتبارات التى ذكرناها إلى جانب مراعاة السرعة فى العمل . وتعتمد المثلثات التى ترمم بالتيودوليت — وهو أهم هـذه الأجهـزة - على عمليـات رياضية دقيقة ، ولذلك تعـرف مثلثاتهـا بالمثلثات الشبكية الرياضية .

ولما كانت مساحة الأقطار الواسعة من العمليات التى تتطلب نفقات كبيرة ، فإن الحكومات فى العادة هى التى تتولاها .

## التيودوليت

**Theodolite**

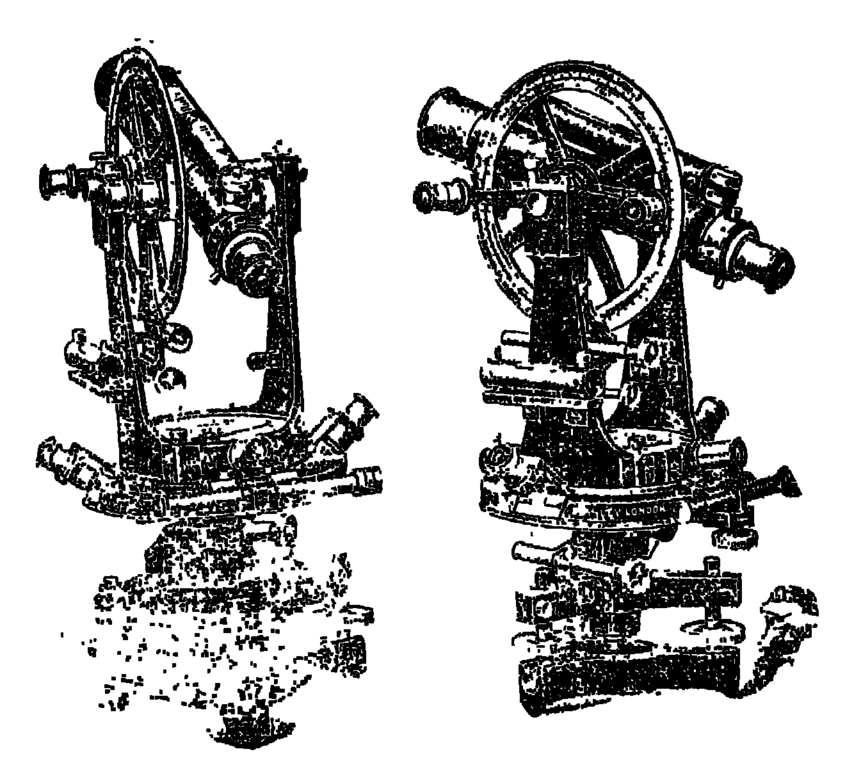
التيودوليت جهاز يستخدم فى قياس الزوايا الأفقية والرأسية على السواء . وهو أدق الأجهزة التى تستخدم فى هذا الصدد وأكثرها استعمالا فى جميع الأعمال المساحية التى تتطلب دقة فى العمل .

ورغم تعدد أنواع أجهزة التيودوليت إلا أنه يتركب عموماً من قسمين رئيسيين :

أولها – القاعدة السفلى وبها قرص أفقى مدرج مثبت فى الغلاف الخارجى للمحور الرأسى للمنظار وبها مسامير لضبط القاعدة ومسمار لربط حركة الجهاز ، كما أنها حلقة الاتصال بين الجهاز وحامله .

وثانيها —القاعدة العليا وبها حامل الورنية وميزان التسوية والمنظار ، كما أن بها مسمار لربط القاعدة العليا بالقاعدة السفلى .

وجدير بالذكر أن ربط مسمار القاعدة السفلى يمنع حركة القرص الأفقى فقط ولا يمنع حركة المنظار الأفقية الذى توقف حركته بواسطة ربط مسمار القاعدة العليا .



شكل ( ٨٥ ) التيودوليت

ولاستخدام التيودوليت فى قياس الزوايا الأفقية يتحرك التلسكوب مع القرص الرأسى حركة أفقية دائرية على القرص الأفقى . وهذا القرص الأفقى مدرج من صفر إلى ٣٦٠ درجة تبين أجزاءها ورنية خاصة بالقرص الأفقى . ويستعان فى هـــذه الحالة بميزان لضبط أفقية القرص الأفقى .

ومراعاة للدقة يحسن أن يقرأ التيودوليت قراءتين فى رصد أية زاوية و يؤخـذ متوسط القراءتين .

استخدام التيودوليت فى رفع المساحات الواسعة بالمثلثات الشبكية :

قلما يحتاج الشخص لعمل هيـكل أساسى كامل للمنطقة المراد رفعها ذلك أن مصلحة المساحة قد أقامت النقط الثابتة فى جميع أنحاء الجمهورية ، وهى نقط قد حددت تحديدا دقيقا بالتيودوليت .

وهناك نقط من الدرجة الأولى تعرف بالنقـــط الجيوديسية Geodetic ، وأخرى من الدرجة الثانية والثالثة .

فإذا أراد الشخص أن يقوم بعمل مساحة لمنطقة واسعة فعليه أولا أن يحصل من مصلحة المساحة على إحداثيات النقط الثابتة الموجودة فى المنطقة المراد رفعها . ويمكنه كذلك الحصول على درجات الطول والعرض ومناسيب هـذه النقط، أى ارتفاعها عن مستوى سطح البحر إن كان هناك ما يدعو لذلك فإذا وصل الشخص المنطقة فعليه أولا أن يتجول فيها للتعرف على موقع كل من النقط الثابتة على الطبيعة ولكن هـذه النقط الثابتة لا تكفى عادة لتغطية المنطقة بشبكة من المثلثات ولذلك عليه أن يختار نقطاً أخرى تصلح لأن تكون رءوساً لمثلثات ، يراعى فى اختيارها إمكان رؤيتها من النقط المجاورة . ولذلك يحسن أن تكون نقطاً مرتفعة وفى مواقع بارزة ، كما يراعى ألا تقل الزاوية فى المثلث عن ٣٠° بل يحسن ألا تقل عن ٤٠° ، ويفضل أن تكون هذه النقط مثلثات أقرب إلى تساوى الزوايا والأضلاع ، فضلا عن توزيعها توزيعاً عادلا لتغطى المنطقة بشبكة مثلثات كاملة

ثم تعين مواقع هذه النقط بعلامات ينبغى أن تكون كبيرة الحجم متميزة الشكل حتى يسهل رؤيتها من بعيد وقد تكون عبارة عن قرص من النحاس أو الحديد مركب على حجر يثبت فى الأرض ، وقد يحتاج الأمر إلى بناء ما يعرف بالأبراج Beacons .

وعند الرصد ينبغى أن يوضع التيودوليت بحيث يكون مركز الحامل فوق مركز العلامة بالضبط ، إذ كثيراً ما يرجع الخطأ فى الرصد إلى عدم الدقة فى مسامته مركز التيودوليت لمركز العلامة . وقد تغلبت مصلحة المساحة على ذلك بأن زودت العلامات بثلاث حفر على أبعاد متساوية من نقطة مركز العلامة ، وعند الرصد توضع أرجل الحامل فى هذه الحفر الثلاث .

ويراعى عند اختيار خط القاعدة أن يكون على أرض مستوية أو ذات ميل منتظم . وأن يكون طوله خالياً من كل ما يعوق عمليتى التشخيص والقياس مثل الأشجار والحشائش الطويلة والمرتفعات والمبانى وما إلى ذلك . كذلك ينبغى فى خط القاعدة أن يكون منسوب طرفيه واحداً ، فإذا تعذر ذلك يصحح الطول . ولما كان خط القاعدة هو الخط الرئيسى الوحيد الذى يقاس على الطبيعة قياساً مباشراً ينبغى قياسه بمنتهى الدقة ، ويقاس عادة بشريط صلبى معين مصنوع من مواد تقلل كثيراً من مقدار تمدده بالحرارة ويحسن اختيار أكثر من خط قاعدة واحد فى شبكة المثلثات لضبط العمل ، وذلك بمقارنة الأطوال المقيسة قياساً مباشراً بأطوالها المحسوبة من زوايا المثلثات المجاورة .

ثم يلى ذلك مرحلة قياس زوايا هذه المثلثات بالتيودوليت ، ويمكن الاكتفاء بقياس زاويتين فى كل مثلث ، ولكن حرصاً على الدقة كثيراً ما تقاس الزوايا الثلاث ، وهذا ما تفعله مصلحة المساحة ولا سيما فى مثلثات الدرجة الأولى . وبذلك يتم إنشاء المثلثات التى تمثل الهيكل الأساسى للقطر أو الإقليم المراد رفعه .

بعد ذلك تبدأ مرحلة رفع التفصيلات والظاهرات المختلفة لتوقيعها داخل كل مثلث من هذه المثلثات الشبكية .

الأدوار التى مرت بها عملية مساحة ج . ع م . :

غطيت الجمهورية بمثلثات من الدرجة الأولى . ومثلث الدرجة الأولى ( المثلث الجيوديسى ) هو أدق المثلثات على الإطلاق ، وأضلاعه طويلة تتراوح بين ٤٠ ، ٥٠ كيلومترا ويحدد كل ركن من أركانه بعلامتين إحداهما مدفونة فى الأرض والأخرى ظاهرة على سطح الأرض ، وذلك لضمان عدم ضياع العلامة نظراً لأهمية هذه النقط الجيوديسية وتقاس زوايا هذا المثلث بتيودوليت كبير ودقيق يقرأ لغاية ١/٢ من الثانية والخطأ المسموح به فى مجموع زوايا أى مثلث ينبغى ألا يتعدى ثانية واحدة وتكون هذه المثلثات بمثابة الإطار الخارجى الذى تربط عليه مثلثات الأنواع الأخرى بالترتيب . ويرسم مثلث الدرجة الأولى بمقياس ١ : ٥٠٫٠٠٠ ثم يقسم إلى مثلثات الدرجة الثانية . ويتراوح ضلع مثلث الدرجة الثانية بين ١٠ ، ١٥ كيلو متراً . ويستخدم فى رصد زواياه تيودوليت دقيق كسابقه. والخطأ المسموح به فى هذا النوع خمس ثوان فى مجموع زوايا كل مثلث . ويستخدم هذا النوع من المثلثات فى ربط نقط المثلثات التالية لها فى الدرجة بنقط مثلثات الدرجة الأولى . ثم تقسم مثلثات الدرجة الثانية بدورها إلى مثلثات الدرجة الثالثة والرابعة التى يتراوح طول ضلعها بين ثلاثة وأربعة كيلو مترات . ويسمح فى رصدها بخطأ لا يجاوز عشر ثوان فى مجموع زوايا المثلث الواحد .

ثم تعين داخل مثلثات الدرجتين الثالثة والرابعة نقط الترافرس وحدود الأحواض الزراعية بقضبان حديدية تدق فى الأرض على حدود الأحواض والملكيات . ثم يرسم الحوض على ورق سميك بمقياس ١ : ١٠٠٠ وتسلم لوحات الأحواض إلى مهندس الغيط ليتولى حشو هذه الأحواض وذلك برفع القنوات والترع والمساقى وحدود الأحواض والمبانى والقناطر والطرق بأنواعها وكل ما فى الطبيعة من معالم . وبعد أن يتم تحشية هذه اللوحات

تضم لبعضها حسب نقط الترافرس السابق تعيينها وترسم بدقة مصغرة إلى مقياس ١:٢٥٠٠ فنحصل بذلك على الخرائط التفصيلية ( الكداسترالية ) المعروفة بخرائط فك الزمام . ومن مجموعها تعمل خرائط بمقيـــاس ١ : ٢٥٠٠٠ ، ١ : ٥٠٠٠٠ ، ١ : ١٠٠٠٠٠ الطبوغرافية ، والأخيرة هى التى تكون مجموعة أطلس مصر الطبوغرافى .

ونظراً لعظم ما تتكلفه هذه المساحة فإن امتداد شبكة المثلثات تكاد تقتصر على أجزاء الوادى والدلتا فقط وبعض الجهات الساحلية،دون سائر الأراضى الصحراوية التى لا تدعو الحاجة إلى مساحتها بمثل هذه الطريقة الباهظة التكاليف، إذ يكتفى فى رفعها بطرق بسيطة لا تراعى فيها مثل هذه الدقة التامة .

ويلاحظ فى المساحة الجيوديسية أن تصحح الزوايا بالنسبة لكروية الأرض ، إذ أن المثلثات أو الأشكال فى هذه الحالة تعتبر كروية ، ولذلك فإن مجموع الزوايا المقيسة يزيد على مجموع زوايا المثلث أو الأشكال المستوية المناظرة لها بمقدار ما يعرف بالزيادة الكروية ، وهذه تساوى ثانية واحدة لكل ٢٠٠ كيلو متر.

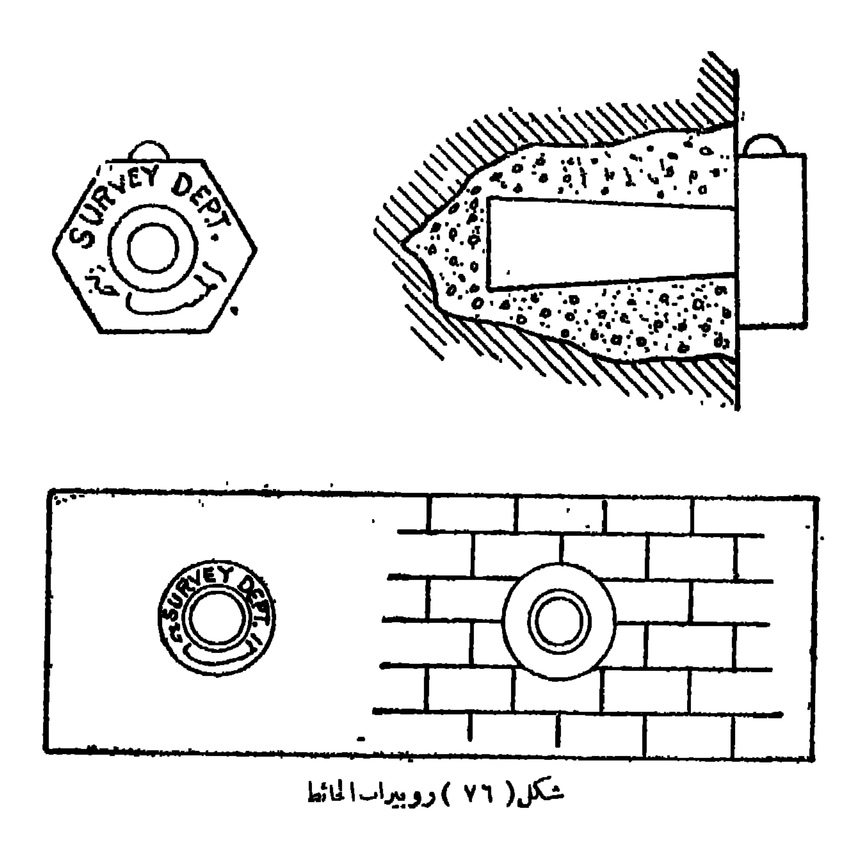
# الميزانيــة

« Levelling »

تبحث الميزانية فى قياس ارتفاع أو انخفاض النقط الموجودة على سطح الأرض بالنسبة لبعضها البعض الآخر أو بالنسبة لسطح ثابت يعرف بمستوى المقارنة،وهو فى العادة مستوى سطح البحر فى العمليات المساحية الكبيرة . ومستوى المقارنة فى مصر هو متوسط منسوب سطح البحر المتوسط عند ميناء الاسكندرية . والسطح الثابت عبارة عن مستوى يبعد عن مركز الكرة الأرضية بمقدار ثابت ، فجميع النقط على المسطحات المائية المفتوحة تتساوى فى البعد عن مركز الكرة الأرضية . ويعرف البعد الرأسى بين أية نقطة على سطح الأرض ومستوى المقارنة بمنسوب هذه النقطة ويعتبر هذا المنسوب موجبا إذا كانت هذه النقطة فوق مستوى المقارنة ، وسالبا إذا كانت تحته .

ولما كان منسوب أية نقطة على سطح الأرض يساوى مقدار ارتفاع أو انخفاض هذه النقطة عن مستوى المقارنة المصطلح عليه فلابد إذاً لإيجاد منسوب أية نقطة من أن تسلسل ميزانية تبدأ من مستوى المقارنة وتنتهى عند هذه النقطة مهما طالت المسافة بينهما وتسهيلا لهذا قامت مصلحة المساحة بسلسلة عدة ميزانيات أساسها مستوى المقارنة ومتجهة فى اتجاهات مختلفة . والغرض منها تثبيت نقط فى الطبيعة وحساب مناسيبها . ووضعت فى كل نقطة علامة خاصة تعرف بالروبير للرجوع إليها عند اللزوم وقد عملت مصلحة المساحة على طبع كتب تبين مناسب ومواقع وأرقام الروبيرات المختلفة التى وضعتها فى مصر .

والروبيرات نوعان : أولهما علامات حائط وهى عبارة عن اسطوانات من الحديد تثبت فى جدران المبانى الهامة فى مواضع ظاهرة مرتفعة عن الأرض قليلا ، ولها رءوس سداسية وبأعلاها عقدة نحاسية صغيرة نصف كروية ، أو مستديرة ، ومكتوب عليها فى كلتا الحالتين « المساحة . Survey Dept » ، ويقصد بمنسوبها منسوب أعلى نقطة فيها .



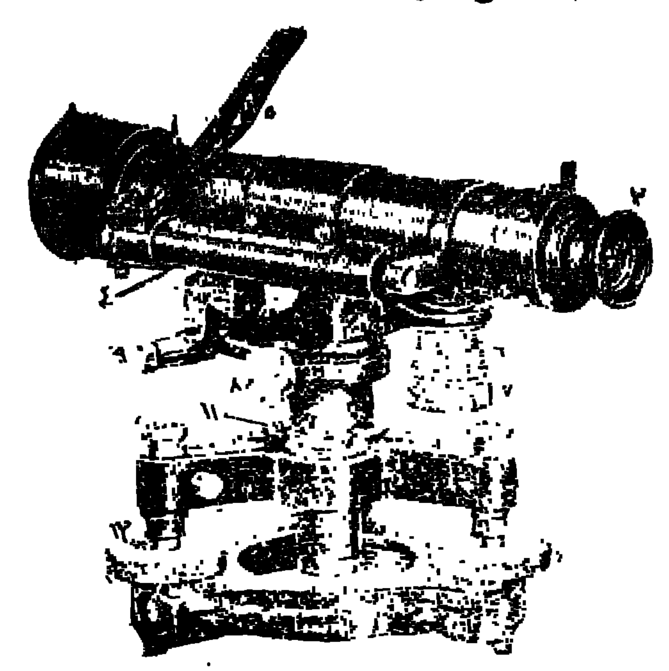

شكل ( ٧٦ ) روبيراب الحائط

وثانيها عبارة عن مواسير من الحديد تثبت عادة على الطرق وجسور الترع والمصارف وبجوار الخطوط الحديدية وفى الصحراء · وطول الماسورة عادة ٢و٧٥ متراً وقطرها ٦ سم وبنهايتها السفلى بريمة تساعد على تثبيتها فى الأرض ، وبنهايتها العليا غطاء مكتوب عليه ( S D - B M ) وهـذه الحروف اختصار ( Survey Dept. — Bench Mark ). وتستخدم فى قياس المناسيب أجهزة تعرف بالموازين Levels . وهناك بضعة أنواع من الموازين سنذكر منها ميزان كوك ·

## ميزان كوك : Cooke Level

يتركب ميزان كوك من تلسكوب ذى عدستين إحداها عينية والأخرى شيئية. ومركب أمام العدسة العينية حامل شعرات ( Stadia ) به شعرتان رأسيتان وثلاث أفقية متوازية . وبأعلا التلسكوب ميزان مياه لضبط أفقية التلسكوب مركب عليه مرآة بزاوية مقدارها ٤٥ درجة تواجه عين الراصد عاكسة لها صورة ميزان المياه،فيسهل عليه ملاحظة دقة أفقية التلسكوب أثناء الرصد . وبالتلسكوب مسماران أحدهما لضبط البعد البؤرى والآخر

لتحريك التلسكوب بعد تثبيت قاعدته إلى اليمين أو اليسار . ويرتكز التلسكوب على قاعدة ذات ثلاثة مسامير تستخدم فى ضبط أفقية القاعدة بمساعدة ميزان مياه آخر مستدير، وترتكز هذه القاعدة بالتالى على حامل ثلاثى .




شكل (٨٧) ميزان كوك

١ — تلسكوب . ٢ — عدسة عينية . ٣ — عدسة شيئية . ٤ — ميزان مياه مثبت بجدار التلسكوب . ٥ — مرآة مربوطة بغلاف ميزان المياه ربطا مفصليا . ٦ — مقياس الميكروميتر ٧ — قلاووظ الميكروميتر . ٨ — مسمار ربط المحور الرأسى لدوران التلسكوب ٩ — مسمار الحركة البطيئة للمحور الرأسى لدوران التلسكوب . ١٠ — قاعدة الجهاز . ١١ — ميزان مياه مستدير لضبط أفقية القاعدة . ١٢ — ثلاثة مسامير تستخدم فى ضبط أفقية القاعدة .

وتستخدم مع الميزان مسطرة خاصة طويلة تسمى القامة متر Staff . وهناك نوعان من القامة متر أحدها عبارة عن مسطرة من الخشب طولها نحو أربعة أمتار، وتتركب من جزئين يتصلان ببعضهما بمفصلات بحيث يمكن فردها وجعلها على استقامة واحدة بواسطة خطاف . أما النوع الآخر فيتركب من ثلاثة أجزاء على شكل صناديق طويلة مجوفة تتداخل فى بعضها حتى يسهل حملها . ويتصل كل جزء مع ماقبله من أسفله بواسطة ياى يجعلها رأسية . وهذه الأوجه مقسمة — كالنوع السابق — إلى أمتار وديسيمترات وسنتيمترات . وعند الرصد توضع القامة عند النقطة المراد تعيين منسوبها فى وضع رأسى صحيح ، ويوضع الميزان عند نقطة ثابتة المنسوب كالروبير أو نقطة معلومة المنسوب . ويمكن وضعه فوق نقطة منسوبها غير معلوم إذا لم يكن المقصود بالعملية هو مجرد معرفة

الفرق بين منسوب النقطتين . ثم يحرك تلسكوب الميزان تجاه القامة وتضبط أفقيته بمساعدة موازين الماء المخصصة لهذا الغرض ، بحيث يضم التلسكوب القامة متر بين الشعرتين الرأسيتين المتوازيتين الموجودتين فى حامل الشعرات مع مراعاة ثبات القامة فى موضعها . ويلاحظ أن صورة القامة تظهر مقلوبة فى المنظار وبذلك يجب أن تكون القراءات من أعلى إلى أسفل داخل المنظار وتدون القراءات فى دفتر خاص يعرف بدفتر الميزانية .

## الميزانية البسيطة :

هى إيجاد مناسيب نقط مختلفة بالنسبة لنقطة ثابتة واحدة دون نقل الميزان من موضعه مهما كان عدد القراءات التى تقرأ تبعا لتغير موضع القامة . والميزانية البسيطة فى الواقع لا تزيد على مجرد إيجاد الفرق بين منسوب نقطتين على سطح الأرض إحداها ثابتة وفى الغالب منسوبها معلوم .

## الميزانية المركبة :

وهى التى لا يمكن القيام بها إلا بنقل الميزان من موضعه ووضعه فى نقط مختلفة بسبب طول المسافة أو وجود ما يمنع الرؤية أو للسببين معاً .

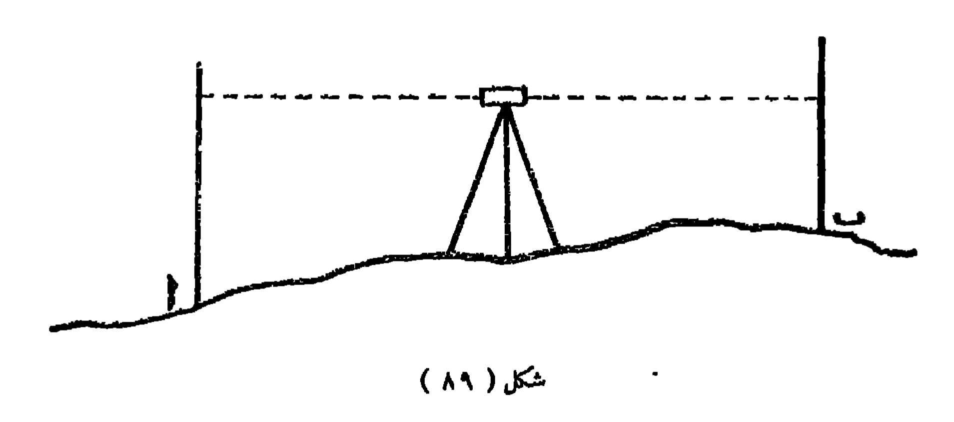
وتنقسم الميزانية المركبة إلى ثلاثة أنواع هى : الميزانية الطولية والميزانية العرضية والميزانية الشبكية . وسندرس من هذه الأنواع الثلاثة الأول والأخير . أما الميزانية العرضية فهى لا تهم الجغرافى فى كثير أو قليل . وإن كان يهتم بها المهندس المدنى خصوصاً عند حفر الترع والمصارف وذلك لتساعده فى حساب مكعبات الحفر والردم .

شكل (٨٨) القامة متر

## إيجاد الفرق بين منسوب نقطتين :

إذا طلب إيجاد الفرق بين منسوب نقطتين مثل ا ، ب فى الشكل (٨٩) نختار فى

هذه الحالة نقطة متوسطة نضع فيها الميزان مع مراعاه إمكان رؤية القامة فى كل من النقطتين ا ، ب إذا وضعت رأسية . ثم نوجه تلسكوب الميزان نحو القامة بعد وضعها رأسية فى نقطه ا ونقرأها من خلال التلسكوب ولتكن القراءة فى هذه الحاله ٢٠و٢ متراً ثم نعيد توجيه تلسكوب الميزان نحو نقطة ب بعد نقل القامة ووضعها رأسية فيها ونقرأها ولنكن القراءة فى هذه الحالة ١ متر٠ ومعنى هذا أن النقطة ب أعلا من النقطة ا بمقدار الفرق بين القراءتين وهو ٢٠و١ متراً لأن القراءة الصغرى تقرأ على أعلا النقطين .




شكل ( ٨٩ )

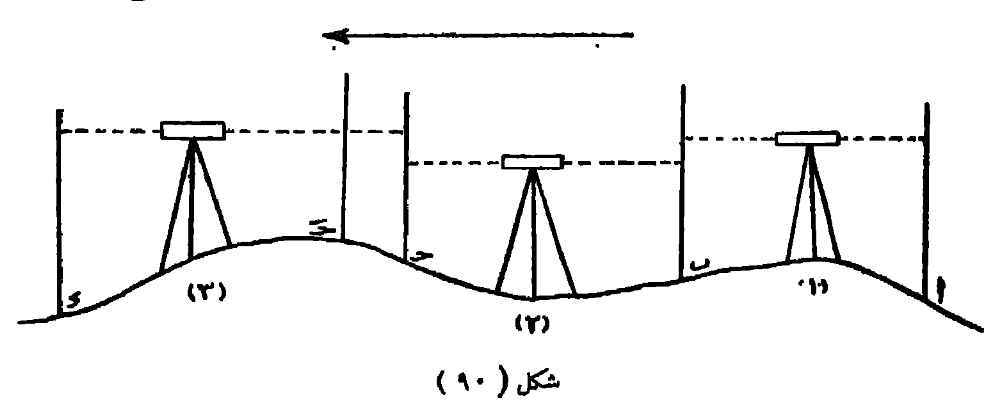
وإذا فرض وكان منسوب إحدى النقطتين معلوما وطلب حساب منسوب النقطة الأخرى فيمكن إجراء ذلك بعملية حسابية بسيطة . فإذا علم أن منسوب نقطة ا ٤٠ متراً فوق مستوى المقارنة فإن منسوب نقطة ب فى هذه الحالة سيكون ٤٠ + ٢٠و١ = ٢٠و٤١ متراً . أما إذا كان منسوب ب هو المعلوم وكان ٤٠ متراً فإن منسوب نقطة ا فى هذه الحالة سيكون ٤٠ — ٢٠و١ = ٨٠و٣٨ متراً .

عمل ميزانية طولية :

تستخدم الميزانية الطولية فى ايجاد الفرق بين منسوب نقطتين بعيدتين عن بعضها أو يوجد بينها من العوائق ما يحول دون رصد كلتيهما من وضع واحد للميزان أو للسببين معاً . ولذلك ينجز العمل على مراحل تمثل كل مرحلة منها عملية ايجاد الفرق بين منسوب نقطتين التى سبق شرحها .

فى الشكل ( ٩٠ ) المطلوب ايجاد الفرق بين منسوب ا ، ى أو حساب منسوب نقطة ى على اعتبار أن منسوب ا بالنسبة لمستوى المقارنة معلوم . فنبدأ العملية بوضع الميزان فى نقطة هى أقصى ما نستطيع أن نقرأ منها القامة إذا وضعت عند نقطة ا كما هى الحال فى

الوضع ( ١ ) ثم نقرأ القامة وتعرف بالنظرة الخلفية أو المؤخرة لأننا وجهنا فيهـا تلسكوب الميزان عكس اتجاه خط السير من ا إلى ى . ثم ننقل القامة إلى نقطة مثل ب بحيث تبعد عن الميزان بمسافة تقرب من بعد الميزان عن ا ونوجه نحوها تلسكوب الميزان لقراءة القامة، وتسمى هذه القراءة بالنظرة الأمامية أو المقدمة لأنها فى اتجاه خط السير . وبهذا تـكون المرحلة الأولى قد تمت . ومن ثم نبدأ المرحلة الثانية بأن ننقل الميزان من الوضع ( ١ ) إلى الوضع ( ٢ ) ونراعى فى اختياره نفس الشروط التى روعيت فى اختيار موضعه الأول. ثم نقرأ القامة وهى فى ب مرة أخرى بعد إدارتها وجعل تقاسيمها مواجهة للتلسكوب وتعتبر هـذه القراءة نظرة خلفية. ثم نوجه التلسكوب نحو نقطة حـ بعد وضع القامة فيها ونقرأها قراءة أمامية وبذلك تنتهى المرحلة الثانية . وهـكذا تتـكرر العملية بعد نقل الميزان إلى الوضع ( ٣ ) .




شكل ( ٩٠ )

وإذا فرض فى المرحلة الثالثة أن طلب إيجاد منسوب نقطة متوسطة بين مؤخرة هـذه المرحلة ومقدمتها ولتـكن حـَ فنقرأ القامة عند هذه النقطة من الميزان وهو فى وضعه، وتعرف هذه القراءة بالنظرة المتوسطة، ويحسب منسوبها بالنسبة لنقطة حـ ، وتدون كل هذه القراءات فى دفتر خاص يعرف بدفتر الميزانية بشكل يسهل حساب مناسيب النقط بالنسبة لبعضها البعض الآخر وبالنسبة لنقطة البداية على فرض معلوميتهـا . وهناك طريقتان لتدوين الميزانية هما طريقة الارتفاع والانخفاض وطريقة سطح الميزان .

والجدول التالى دونت فيه الميزانية بالطريقة الأولى :

| ملاحظات | مسافة | منسوب | انخفاض | ارتفاع | أمامية | متوسطة | خلفية |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نقطة ا وهى روبير منسوبها ٤٠ مترا | صفر | ٤٠ | | | | | ١و٦٠ |
| ت | ١٠٠ متر | ٤٠و٢٠ | | ٠و٢٠ | ١و٤٠ | | ١و٢٥ |
| حـ | ٢٢٠ | ٤و١٠ | ٠و١٠ | | ١و٣٥ | | ١و٢٠ |
| حـَ | ٢٤٠ | ٤و٢٠ | | ١و١٠ | | ١و١٠ | |
| ء | ٣٥٠ | ٣٩و٦٥ | ٠و٤٥ | | ١و٦٥ | | |

ويلاحظ من هذا الجدول أن الفرق بين مجموع النظرات الخلفية والنظرات الأمامية = الفرق بين مجموع الارتفاعات والانخفاضات باستثناء النظرات المتوسطة ) = الفرق بين منسوب نقطة البداية ونقطة النهاية .

مجموع النظرات الأمامية = ٤ر٤٠ مترا
مجموع النظرات الخلفية = ٤ر٠٥ مترا
الفرق بينهما = ٠ر٣٥ مترا
مجموع الانخفاضات = ٠ر٥٥ مترا
مجموع الارتفاعات = ٠و٢٠ مترا
الفرق بينها = ٠و٣٥ مترا

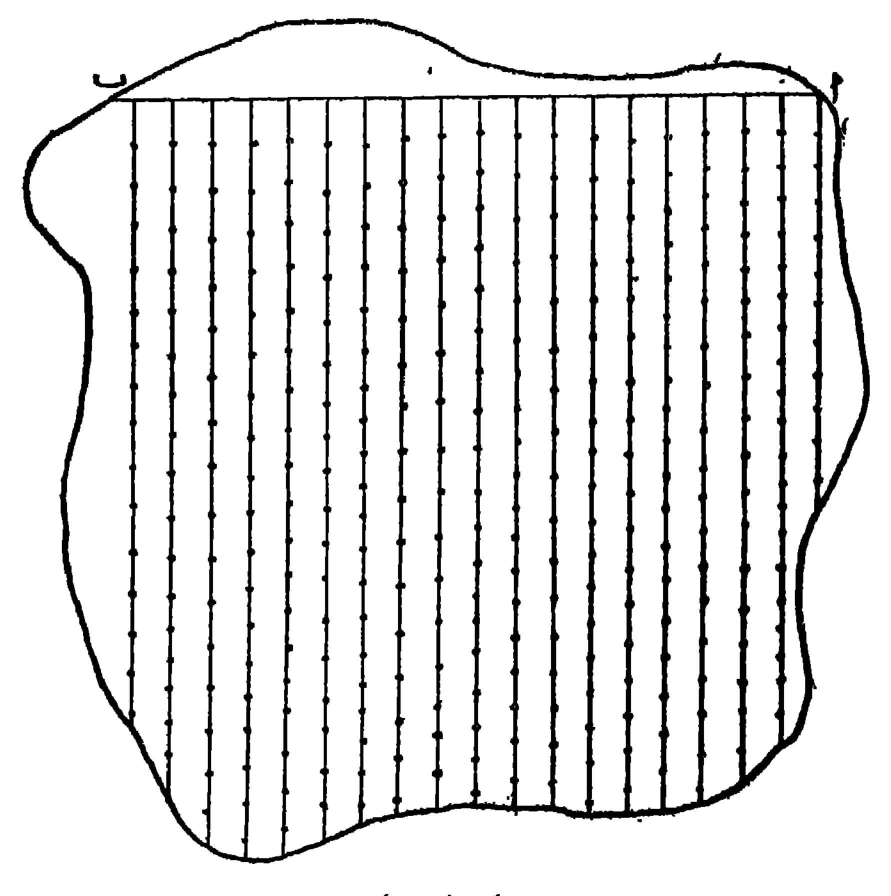
أما الفرق بين منسوب نقطة البداية (ا) ونقطة النهاية (ب) فهو
٤٠ — ٣٩و٦٥ = ٠و٣٥ مترا

## الميزانية الشبكية :

هى أهم أنواع الميزانية بالنسبة للجغرافى إذ عن طريقها يتم رسم الخرائط الكنتورية ، والواقع أن الميزانية الشبكية ما هى إلا عدة عمليات متتابعة لميزانيات طولية .

إذا أردنا عمل ميزانية شبكية لمنطقـــة من الأرض كجزيرة مثلا، أو بمعنى آخر إنشاء خريطة كنتورية لهذه الجزيرة فهناك طريقتان هما الطريقة المباشرة والطريقة غير المباشرة .

وفى الطريقة غير المباشرة نختار خطاً هو أشبه بخط القاعدة فى المساحة التفريدية يحسن أن يكون قريباً وموازياً لأطول حد من حـدود الجزيرة وليـكن فى الشكل ( ٩١ ) الخـط ا ب . ثم نقسم هذا الخط إلى أقسام متساوية وندك أوتاداً تفصل بين هذه الأقسام ثم نبدأ بإجراء ميزانية طولية للخط ا ب ، أو بمعنى آخر نحصل على مناسيب الأوتاد على أساس منسوب نقطة البداية ا وعلى اعتبار أن منسوب نقطة ا معلوم ثم نقيم عموداً من كل وتد على خط القاعدة ا ب، ونجرى ميزانية طولية على كل عمود من هـذه الأعمدة ، ونحسب مناسيب نقط مختلفة نختارها على هذه الأعمدة عـلى أساس نقطة البداية لـكل، وهى النقط التى حصلنا على مناسيبها فى الميزانية الطولية الأولى . وندك أوتاداً فى الميزانية الجديدة ونـكتب على كل وتد منسوب النقطة المغروس فيها . وبذلك نـكون قد غطينا الجزيرة بشبكة من الأوتاد ذات المناسيب المعلومة ثم نبـدأ فى رسم خطوط الـكنتور « Interpolation » وعلى أساس التناسب بين المناسيب والمسافات بين كل نقطة وأخرى نستطيع أن نحـدد موقـع منسوب




شكل ( ٩١ )

خط الكنتور المراد رسمه . ومعروف أن الفاصل الرأسى فى الخرائط الكنتورية ثابت على نحو ما سنرى بالتفصيل فى الفصل التالى .

أما فى الطريقة المباشرة فنقوم برسم خط قاعدة كالخط الذى رسمناه فى الطريقة غير المباشرة ، ثم نقيم أعمدة على النقط التى تقسم الخط إلى أقسام متساوية أو قريبة من المتساوية . وتختلف هذه الطريقه عن سابقتها فى أننا نكلف حامل القامة فى أثناء الرصد بالتحرك على طول الخط حتى نقرأ فى القامة رقماً صحيحاً هو عبارة عن منسوب خط الكنتور المطلوب رسمه .

# الفصل الرابع

## خرائط التضاريس

تعتبر خرائط التضاريس Relief maps أهم الخرائط التي يستخدمها الجغرافي في دراسته لسطح الأرض . ورغم أهميتها القصوى فإنها لا تمثل إلا مظاهر جزئية مختارة ؛ فخريطة التضاريس في الواقع ماهي إلا جزء من الخريطة الطبوغرافية الشاملة . وفائدة الفصل بين النوعين هو أن هذه الخريطة توضح للعين مالا تستطيع أن تراه بسهولة على الخريطة الطبوغرافية الشاملة ، كما أنها تعيننا على تنمية فن قراءة الخرائط .

وليس هناك أفضل من تجزئة العناصر العديدة لخريطة أحسن صنعها ، فكل هدف الخرائط الطبوغرافية هو تجميع العناصر حتى يمكن رؤيتها مترابطة في لوحة واحدة . ولكننا نجابه بصعوبة تحليل الخريطة الطبوغرافية بسبب قصور الخريطة ذاتها ، إذ أن كل طبقة من المعلومات تحجب حتماً جزءاً من الطبقات التي تسبقها ، ولكن الجزء الأكبر من هذه الصعوبة يرجع إلى افتقار القارىء لهذه المهارة التي لا يمكن الحصول عليها إلا بالدراسة والتمرين .

وخريطة التضاريس تمثل المظاهر التضاريسية Relief features لسطح الأرض ولا تزيد عليها الخريطة الطبوغرافية إلا من حيث تضمنها للمظاهر الحضارية Cultural features التي صنعها الإنسان مثل المدن والطرق والكبارى والسكك الحديدية ... الخ . ولا تهدف خرائط التضاريس إلى توضيح المناطق على لوحة مسطحة بأى شكل كان ولكنها تهدف إلى توضيح التفاصيل مع عدم إهمال تمثيل البعد الثالث Third dimension في الخريطة . وهناك عدة طرق لتمثيل سطح الأرض على خرائط التضاريس :

١ — نقط المناسيب Spot - heights

٢ — الهاشور Hachures

٣ — خطوط الهيئة Form lines

٤ — خطوط الكنتور Contour lines

## ( أولا ) نقط المناسيب

نقط المناسيب عبارة عن البعد الرأسى بين أية نقطة على سطح الأرض وبين مستوى ثابت يعرف بمستوى المقارنة Datum ويعتبر متوسط ارتفاع سطح البحر Mean sea level هو مستوى المقارنة لجميع دول العالم . ولكن لابد من تحديد مكان فى كل دولة يبدأ منه تسلسل القياس بين مستوى المقارنة وبين أية نقطة فى هذه الدولة مها طالت المسافة بينهما . وتذليلا لهذا الجهد الكبير تقوم مصالح المساحة فى دول العالم بسلسلة جملة ميزانيات تبدأ من مستوى المقارنة وتتجه فى جميع الاتجاهات ، والغرض منها تثبيت جملة نقط فى الطبيعة وتحديد مناسيبها ، ثم تضع هذه المصالح فى كل نقطة علامة خاصة تعرف بالروبير Bench Mark للرجوع إليها عند الضرورة ، على نحو ماذكرنا فى دراسة الميزانية .

وفى مصر مثلا يعتبر متوسط ارتفاع سطح البحر المتوسط فى ميناء الإسكندرية مستوى للمقارنة تقاس منه جميع نقط المناسيب فى الجمهورية العربية المتحدة .

وتعطينا نقط المناسيب تحديداً دقيقاً لارتفاع وانخفاض سطح الأرض بالنسبة لمستوى المقارنة ، ولكنها فى الوقت ذاته لاتعطينا الإحساس بمدى تضرس سطح الأرض . وعلى هذا فلايمكن اعتبار نقط المناسيب هدفاً نهائياً لتمثيل سطح الأرض على الخرائط، بل غالباً مايكون تحديد نقط المناسيب مرحله فى طريق إبراز هذا التمثيل بصورة أدق بالطرق الكارتوجرافية الأخرى . وحتى مع استخدام طرق تمثيل تضاريس سطح الأرض الأخرى فإننا قد نحتاج لنقط المناسيب فى تحديد ارتفاع قمم الجبال أو انخفاض قيعان الاودية أو غيرها من مظاهر التضاريس المنفردة .

## ( ثانيا ) الهاشور

الهاشور عبارة عن خطوط قصيرة ترسم فى اتجاه انحدار التضاريس الأرضية ، ويزداد سمك هذه الخطوط كلما كان الانحدار شديداً ويقل هذا السمك كلما كان الانحدار طفيفاً ، وينعدم وجود الخطوط تماماً إذا كان سطح الأرض مستوياً سواء أكان هذا الإستواء على قمة جبل أم فى قاع واد ، ففى كلتا الحالتين تظهر المنطقة بيضاء بدون تهشير .

ولا تستخدم خطوط الهاشور فى تمثيل تضاريس سطح الأرض بصورة منفردة ، بل

(شكل ٢٠) قطع التناسب

تستخدم كطريقة مساعدة . ولا تشبه خطوط الهاشور الكنتورات فى دقتها بل هى طريقة تصورية pictorial فقط تعطى الإحساس بمدى تعقد التضاريس ولكن ليس على أساس مساحى دقيق.

وتستخدم طريقة الهاشور فى المناطق الجبليـــة الوعرة فى ثلاث حالات على وجه الخصوص :

١ — إذا حال تزاحم خطوط الكنتور دون توضيح تضاريس سطح الأرض على أساس عدم إمكان رسم هذه الكنتورات .

٢ — إذا كان مقياس رسم الخريطة صغيراً لا يمكن من وضع نقط الناسيب كلها أو رسم كل خطوط الكنتور .

٣ — إذا كانت المنطقة التى تمثلها الخريطة لم تجر لهـا مساحة دقيقة أو لم تجر لهـا مساحة على الإطلاق .

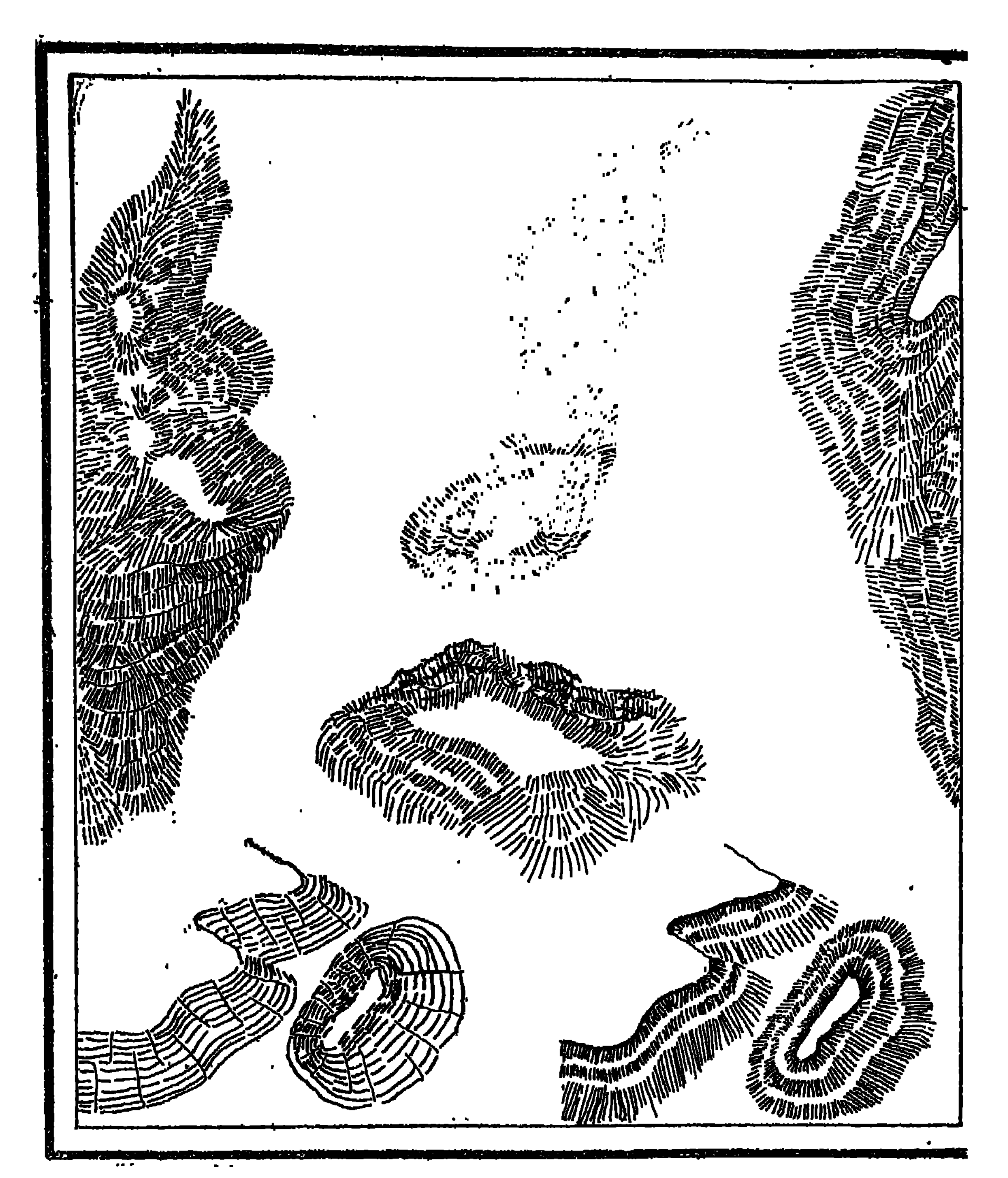
وبما أن هناك ارتباطاً وثيقاً بين استخدام طريقة الهاشور وبين تعقد التضاريس الأرضية فإن هذه الطريقة من طرق تمثيل سطح الأرض شائعة الاستعمال فى الخرائط السويسرية على وجه الخصوص .

وإذا وجدت منطقة بيضاء بدون تهشير دل هذا على استواء التضاريس ؛ فإذا كانت هذه المنطقة وسط هاشور كثيف دل هذا على أنها منطقة مرتفعة ، وإذا كانت وسط هاشور خفيف دل هذا على أنها منطقة منخفضة .

وتستخدم خطوط الكنتور أو نقط المناسيب مع الهاشور لكى تعطى قارئ الخريطة فكرة تقريبية عن ارتفاع سطح الأرض فى المنطقة التى تغطيها الخريطة .

ولا يشترط أن ترسم خطوط الهاشور باللون الأسود ـ وإن كان هـذا هو الأمر الغالب ـ ولكنها قد ترسم فى بعض الخرائط باللون البنى أو الأرجوانى .

ويعود تاريخ استخدام طريقة الهاشور إلى عهد بعيد، ولكن الأسس العلمية لها وضعت على يد لمان Lehmann ( ١٧٦٥ — ١٨١١ ) فى نهاية القرن الثامن عشر . وقد وضع لمان طريقته على أساس افتراض سقوط الضوء على التضاريس الأرضية من أعلى ، ومن ثم فإن المناطق المستوية سواء أكانت مرتفعة أم منخفضة لا بد وأن تظهر باللون الأبيض لأنهـا



( شكل ٩٣ ) نماذج للهاشور

ستكون تحت الأضواء مباشرة .أما المناطق المنحدرة فإنها تأخذ لوناً داكناً يتزايد مع زيادة انحدار سطح الأرض . ويمثل انحدار سطح الأرض بخطوط متوازية تتبع فى انحدارها الاتجاه الذى تنحدر فيه المياه على سطح الأرض . ويزداد سمك هذه الخطوط فى المناطق

الشديدة الانحدار ، ويتناقص هذا السمك فى المناطق القليلة الانحدار . فضلا عن أن طول خطوط الهاشور يتزايد فى المناطق التى يتميز سطح الأرض فيها بانحداره الطفيف .

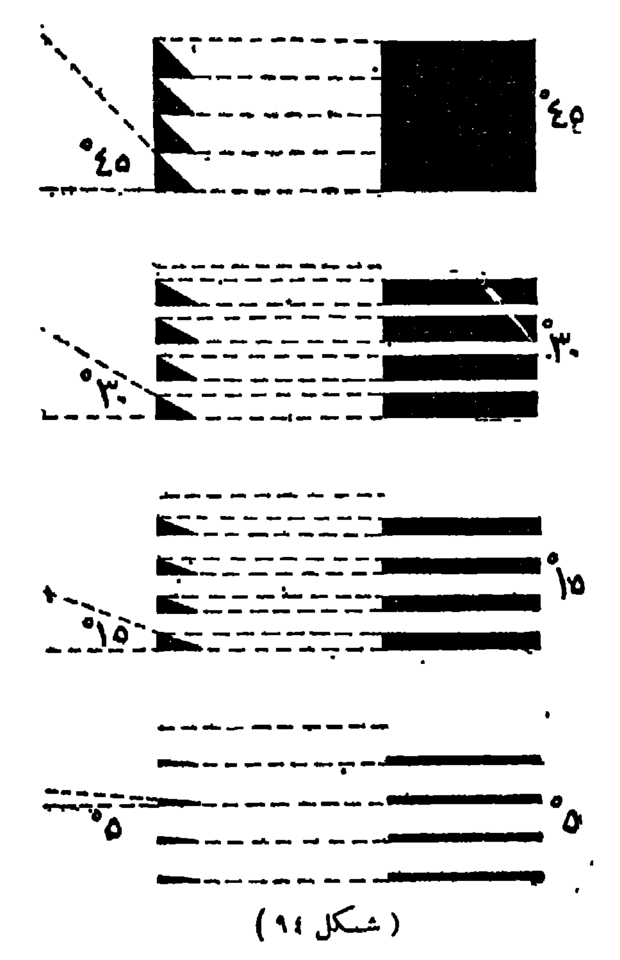
وقد استخدم ليمان نفس عـدد خطوط الهاشور فى البوصة الواحـدة . ولـكن إذا زاد انحدار سطح الأرض فإن سمك هذه الخطوط يتزايد تبعاً لذلك مع احتفاظ البوصـة الواحدة بنفس عدد خطوط الهاشور بها .

ويوضح الشكل ( ٩٤ ) رسماً تخطيطياً لطريقة ليمان . وقد استخدم ليمان اللون الأسود تماماً لأية منطقة يزيد معدل انحدارها على ٤٥° ،واللون الأبيض تماماً لأية منطقة يبلغ معدل انحدارها درجة الصفر . وعلى هذا الأساس تتناسب المسافة بين خطوط الهاشور وشـــدة انحدار سطح الأرض تناسبـاً عـكسياً ، فإذا زادت نسبـة انحدار سطح الأرض تناقصت المسافة بين خطوط الهاشور ، مع ملاحظة أن عـــدد خطوط الهاشور يظل ثابتاً فى البوصة الواحدة مهما زادت أو نقصت المسافة بين الخطوط .

ففى الشكل ( ٩٤ ) نجد أن نصف البوصـة يمر به أربعة خطوط هاشور ولـكن مـع اختلاف فى زاوية انحدار سطح الأرض. ففى الجزء العلوى نجد أن معدل انحدار سطح الأرض يبلـغ ٤٥° ومن ثم فإن المنطقة ترسم باللون الأسود تماماً Solid Black ، لأن اللون الأسود يعبر عن انحدار قدره ٤٥° ، ومن هنا تـكون النسبة بين انحدار سطح الأرض والمسـافة بين خطوط الهاشور كنسبة ٤٥ : صفر ، أى أن المسافة بين خطوط الهاشور ستكون صفراً ومن ثم يغطى اللون الأسود كل المنطقة .

أما الجزء التالى فإن معدل انحدار سطح الأرض يبلغ ٣٠° فتـكون النسبة بين هـذا المعدل وبين المسافة بين خطوط الهاشور كنسبة ٣٠ : ١٥ ( لأن ٣٠ + ١٥ = ٤٥ وهو معدل اللون الأسود ) أى كنسبة ٢ : ١ . ومن هنا فإن سمـك خط الهاشور يشغـل ثلثى المسافة المخصصة لـكل خط هاشور .

وفى الجزء التالى له يبلغ معدل انحدار السطح ١٥° فتـكون النسبة بين هذا الانحدار والمسافة بين خطوط الهاشور كنسبة ١٥ : ٣٠ أى ١ : ٢ فيحتـل اللون الأسود ثلث المسافة المخصصة لـكل خط هاشور . وفى الجزء الأخير تبلغ نسبة انحدار الأرض ٥° فيكون هذا السمك بنسبة ٥ : ٤٠ أى ١ : ٨ ، فيشغـل اللون الأسود ثمن المسافة المخصصة لـكل خط هاشور .




( شكل ٩٤ )

وقد اتسع نطاق استخدام طريقة ليمان فى الخرائط الحربية فى القرن الماضى ، إذ أن هذه الطريقة كانت تجسم تضاريس سطح الأرض بشكل واضح . وترجع أهمية هذه الطريقة فى الخرائط الحربية إلى أهمية معرفة معدل انحدار سطح الأرض فى عمليات القصف بالمدفعية . ورغم اعتماد طريقة ليمان على قياس زوايا ميل سطح الأرض فإن قراءة الهاشور كانت أمراً صعباً بسبب صعوبة قياس سمك خطوط الهاشور ، فضلا عن أن رسم الخطوط ذاتها لا يمكن أن يتم بدقة كبيرة .

وقد شاع استخدام خطوط الهاشور منذ السبعينات من القرن الماضى بعد استخدام الألوان فى الخرائط الكنتورية ، وذلك لتوضيح المظاهر التضاريسية الثانوية التى كانت تضيع بين الفواصل الرأسية الكبيرة فى الخرائط الكنتورية .

وعند استعمال اللون الواحد فى رسم خطوط الهاشور فإن شدة الانحدار يترتب عليه زيادة استخدام الحبر ، وينتج عن هذا أن تتعرض بعض تفاصيل الخريطة للطمس .

وفضلا عن هذا فإن طريقة الهاشور إذا كانت تعكس انحدار سطح الأرض بشكل تجسيمى واضح فإن الخريطة لا تبين ارتفاع الأرض عن سطح البحر ، ولذلك فإنه من الضرورى إضافة بعض نقط المناسيب إلى خريطة الهاشور لتوضح الارتفاع التقريبى لسطح الأرض . وتضاف هذه النقط عند الملامح التضاريسية البارزة مثل قمة جبل ، أو منسوب سطح مياه بحيرة جبلية ، أو مستوى ارتفاع طريق برى فى قاع أحد الأودية مثلا ، ويوضح هذا الارتفاع بوضعه بين قوسين .

وتطبيق هذه الطريقة يجب أن يسبقه علم تام بطبيعة سطح الأرض فى المنطقة التى تغطيها الخريطة ، لأن رسم خطوط الهاشور يتم مكتبياً بعيداً عن الميدان الذى يتم رفع تفاصيل الخريطة فيه .

وقد قلت الحاجة إلى استخدام طريقة الهاشور فى الخرائط الحديثة للعيوب التى ذكرناها وحلت محلها طرق أدق فى تمثيل سطح الأرض مثل استخدام خطوط الكنتور والألوان .

ويقتصر استخدام هذه الطريقة فى الوقت الحاضر على خرائط الأطالس الصغيرة لإعطاء فكرة تقريبية عن تضاريس الأرض ، وكذلك فى الخرائط التى ترسم لأغراض خاصة يستلزم الأمر فيها إعطاء مستخدم الخريطة فكرة تقريبية عن شكل الأرض فى المنطقة موضوع الخريطة .

## ( ثالثا ) خطوط الهيئة

خطوط الهيئة عبارة عن خطوط وهمية تمتد فوق سطح الأرض على ارتفاع واحد بالنسبة لسطح البحر ، أى أن كل خط منها يربط بين المناطق المتساوية الارتفاع . فخط الهيئة إذن هو الخط الناتج عن تقاطع سطح الأرض بسطح أفقى ، فمنسوب أية نقطة على الخط هو نفسه منسوب السطح الأفقى القاطع .

وخطوط الهيئة على هذا الأساس ما هى إلا خطوط كنتورية عادية ولكنها تختلف عنها فى أمرين :

١ — خطوط الكنتور تعتمد على عمليات مساحية دقيقة بينما خطوط الهيئة تنشأ أساساً فى مناطق خالية من أى مسح جغرافى ، أى أن الخريطة التى تنشأ فيها خطوط الكنتور تكون مليئة بنقط المناسيب فيستعان بهذه النقط فى رسم خطوط دقيقة تصل بين

الارتفاعات المتساوية فى المنطقة . ولكن عمليات المسح الجغرافى قد لا تستمر بدقة حتى المناسيب المرتفعة من التضاريس أو لا تستمر فى المناطق البعيدة عن العمران ، ومن ثم تخلو الخريطة من نقط المناسيب فى مثل هذه المناطق .

وفى هذه الحالة لا يمكننا أن نرسم خطوطاً كنتورية محددة حتى لا نعطى قارئ الخريطة ثقة كبيرة فى الخطوط بينما عملية إنشائها قد تمت بصورة تقريبية . ولكن فى مثل هذه المناطق ننشىء نوعاً آخر من الخطوط حتى ننبه القارئ ألا يضع ثقته الكاملة فى الخريطة التى يستخدمها حيث أن الخطوط الكنتورية هنا قد أنشئت بطريقة تقريبية .

٢ — بما أن الخطوط الكنتورية ترسم على أساس عمليات مساحية دقيقة فإنها ترسم بصورة مستمرة Continuous مهما اختلف سمك الخط الكنتورى ، ولكن خطوط الهيئة لا تعتمد على أساس دقيق من العمليات المساحية ومن ثم فإنها ترسم بشكل متقطع Broken.

والخرائط المصرية مليئة بمثل هذا النوع من خطوط الكنتور التقريبية لا سيما فى المناطق التى تبعد عن وادى النيل ودلتاه أو تلك التى تبعد عن مناطق التعدين والبترول ، أى المناطق التى دعت الضرورة الاقتصادية والعمرانية أن تنشأ لها خرائط دقيقة . أما فى مناطق الصحارى الواسعة فإن خطوط الكنتور ترسم كلها بصورة تقريبية حتى ننبه مستخدم الخريطة إلى أن هذه المناطق لم تجر لها مساحة دقيقة .

وإذا كان من الأفضل استخدام خطوط الكنتور فى رسم الارتفاعات فإن استخدام خطوط الهيئة لا يعيب الخريطة كثيراً ، لأن الهدف من كل الطرق الكارتوجرافية لتمثيل سطح الأرض هو إعطاء الدارسين الإحساس بالتضاريس Impression of relief وليس قياس ارتفاعات محددة .

## ( رابعاً ) خطوط الكنتور

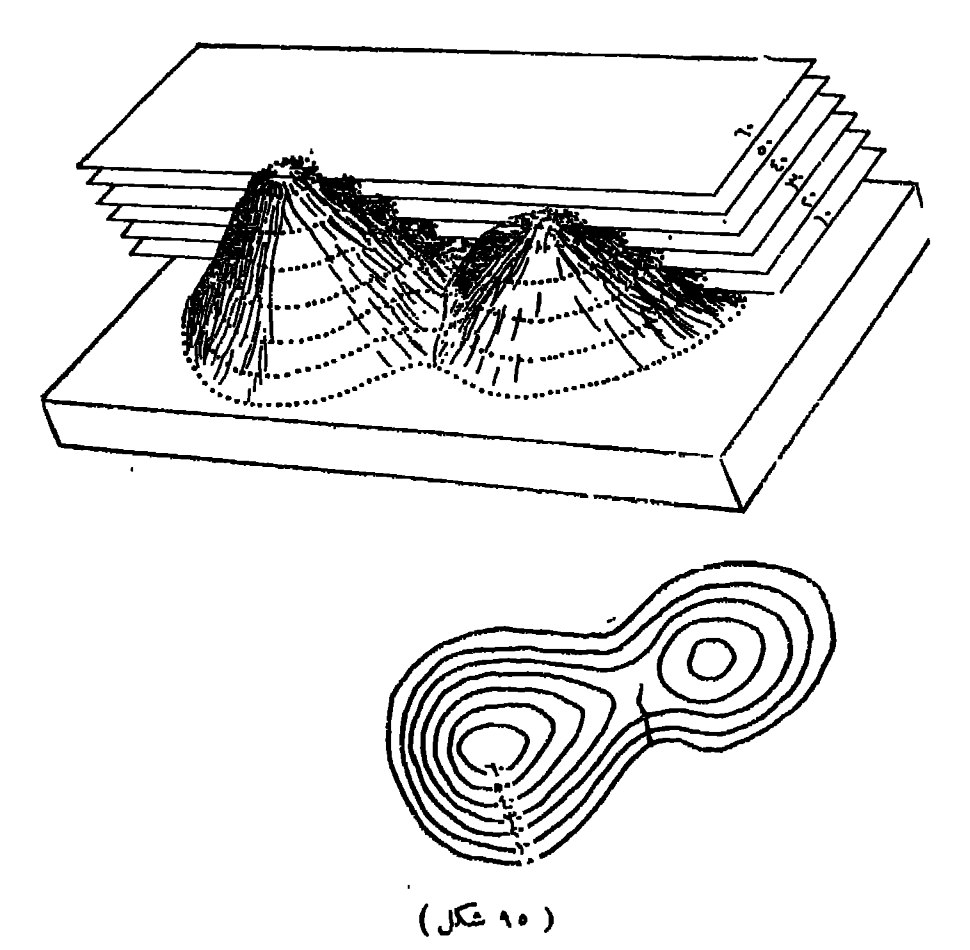
خطوط الكنتور هى أكثر الطرق الكارتوجرافية شيوعاً فى خرائط التضاريس . وقد ظهرت هذه الطريقة إلى الوجود لأول مرة على يد المهندس الهولندى « كروكيوس Cruqius » حوالى سنة ١٧٣٠ . وقد استخدم « كروكيوس » خطوط الكنتور لتوضيح أعماق نهر مرويد Merwede River لتسهيل حركة الملاحة به . وفى سنة ١٧٣٧ استخدم « بواش Buache » هذه الطريقة فى تحديد أعماق القنال الإنجليزى .

ومن هنا نرى أن أول استخدام للخطوط الكنتورية كان تطبيقاً على الخرائط البحرية ، وهكذا تأخر تطبيق فكرة خط الكنتور على خرائط اليابس زمناً طويلا . وكانت أول خريطة كنتورية هامة هى تلك الخريطة التى أنشأها « دوبى تريال Dupain – Triel » فى سنة ١٧٩١ لفرنسا وفى القرن التاسع عشر اتسع نطاق استخدام خطوط الكنتور فى الخرائط العسكرية ، كما استخدم معها الهاشور لتخفيف الغموض الذى كان يكتنف تلك الخرائط . وباختراع الطباعة الليثوغرافية فى سنة ١٧٩٨ بدأت المحاولات لإضافة الألوان إلى خطوط الكنتور وقد أدى نجاح هذه المحاولات إلى تحديد اللون البنى لخطوط الكنتور على اليابس، واللون الأزرق لهذه الخطوط على سطح البحر ، واللون الأسود للرموز والاصطلاحات .

ويعرف خط الكنتور بأنه خط وهمى يمتد على سطح الأرض على ارتفاع واحد بالنسبة لمستوى سطح البحر ، أى أن خط الكنتور يربط بين المناطق المتساوية الارتفاع . وعلى هذا فخط الكنتور هو الخط الناتج عن تقاطع سطح الأرض بسطح أفقى ، فمنسوب أية نقطة على خط كنتور هو نفس منسوب السطح الأفقى القاطع . ولو أن خطوط الكنتور المبينة بتقاطع سطح الأرض بجملة سطوح أفقية متساوية البعد عن بعضها رسمت على سطح الأرض ومسحت فإن الخريطة الناتجة عن رسم نتائج هذه المساحة تبين خطوط الكنتور فى مواضعها النسبية الصحيحة .

ولسهولة فهم فكرة خط الكنتور نلاحظ الشكل ( ٩٥ ) الذى يوضح تلا من الصلصال على لوح مسطح من الخشب . فإذا قمنا بقطع سطح هذا التل بسطوح أفقية متساوية البعد عن بعضها فإن كل سطح مقطوع يمثل ارتفاعاً واحداً فمثلا إذا أزلنا كل الأجزاء الموجودة فوق السطح الأفقى الذى يشير إلى ارتفاع ٦٠ متراً ونظرنا إلى هذا الشكل من أعلى فإن الحدود الخارجية للشكل الصلصالى تبين لنا كل المناطق التى ترتفع عن سطح البحر بستين متراً تبعاً لمقياس الرسم المستخدم .

فإذا أزلنا بعد ذلك كل الأجزاء الموجودة فوق السطح الأفقى الذى يشير إلى منسوب ٥٠ متراً ونظرنا إلى الشكل من أعلى فإن الحدود الخارجية للشكل الصلصالى تبين لنا على الفور كل المناطق التى يبلغ منسوبها فوق سطح البحر خمسين مترا وفقاً لمقياس الرسم المستخدم . وهكذا نستمر فى إزالة كل المناطق المحصورة بين تلك السطوح الأفقية المتساوية



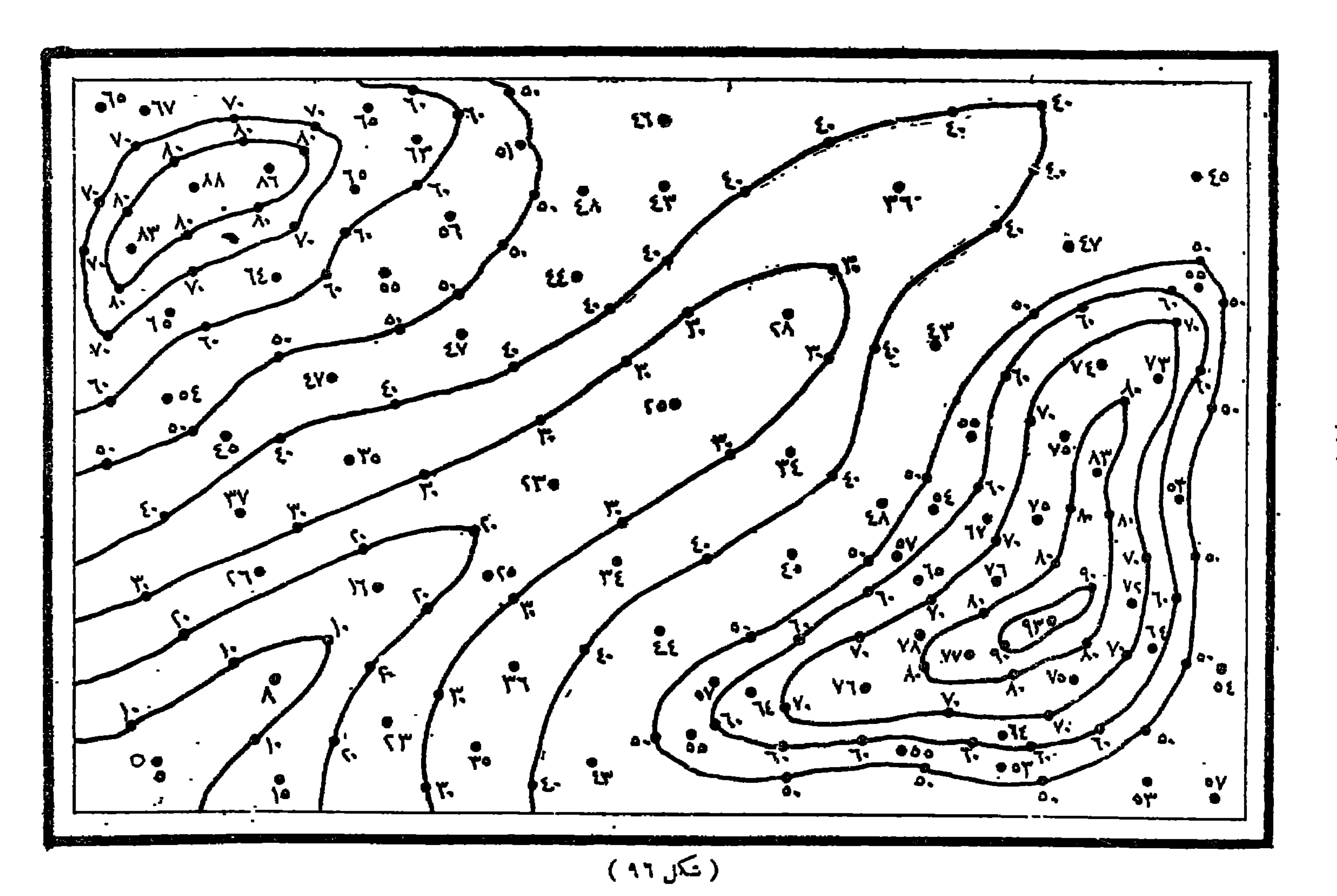
( شكل ٩٥ )

البعد حتى نصل إلى قاعدة الشكل الصلصالى والتى تمثل فى هذه الحالة مستوى سطح البحر .

وعند رسم الحدود الخارجية للشكل السابق عند كل تقاطع بين السطح الأفقى نحصل على الخريطة الكنتورية لهذا التل كما يوضحها الشكل المذكور .

رسم خطوط الكنتور :

تعتبر نقط المناسيب المرحلة الأولى لإنشاء أية خطوط كنتورية . فبعد وضع نقط المناسيب نقوم باستعراض هذه المناسيب لنتعرف على أدناها وأعلاها منسوباً حتى يتفق عدد خطوط الكنتور والمدى التضاريسى الذى تمثله الخريطة . ففى الشكل ( ٩٦ ) نجد أن أعلى منسوب فى الخريطة يبلغ ٩٣ متراً بينما يبلغ أدنى منسوب بها ٥ أمتار . والمهم أن يكون التناسب بين عدد كل من نقط المناسيب وخطوط الكنتور تناسباً طرديا ، ومعنى هذا ألا يزيد عدد خطوط الكنتور إلا إذا زادت كثافة نقط المناسيب بالخريطة حتى لا نضطر إلى رسم خطوط كنتورية على أساس تقريبى .

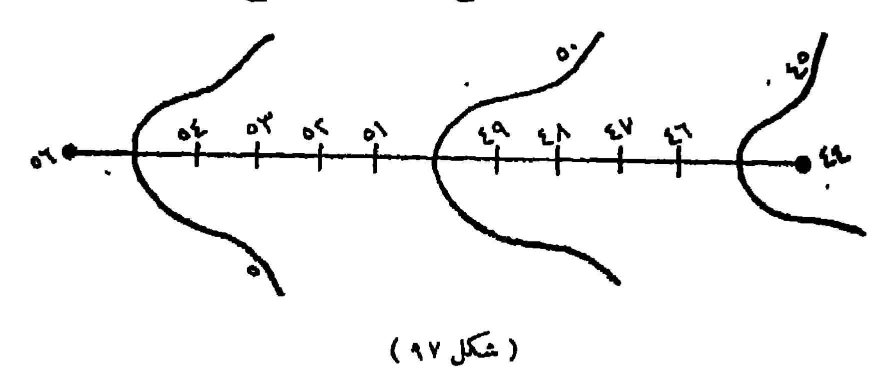


(شكل ٩٦)

ولا يشترط أن نجد دائماً نقط مناسيب تتفق فى منسوبها وخط الكنتور المراد إنشاؤه، فنقط المناسيب تتحدد كثافتها على أساس إمكانيات الساح الفنى تولى تحديد هذه النقط، بينما يقوم رسم خطوط الكنتور على ضوء الحاجة إلى الخريطة . فتحديد نقط المناسيب يتم أساساً فى الطبيعة بينما يجرى رسم خطوط الكنتور فى المكتب حيث يمكن التحايل على حل المشكلات التى واجهت المساح فى الطبيعة .

فإذا أردنا أن نرسم خط كنتور لا يتفق منسوبه مع أى نقطة منسوب على الخريطة فإننا نجرى الآتى :

فى الشكل ( ٩٧ ) نجد أن المنطقة المحصورة بين نقطتى ( ٤٤ ) ، (٥٦) متراً لا تتضمن أى نقط مناسيب أخرى يمكن أن تساعدنا على رسم خطوط الكنتور (٤٥) ،(٥٠)،(٥٥) متراً مثلا فى هذه الحالة نصل بين نقطتى ( ٤٤ ) ، ( ٥٦ ) بخط مستقيم ونقسم هذا الخط إلى وحدات طولية متساوية تتناسب عددياً مع عدد النقط التى تقطع بين النقطتين السابقتين .




( شكل ٩٧ )

فمثلا الفاصل بين ( ٥٦ ) ، ( ٤٤ هو ١٢ متراً ، فنقوم بتقسيم هـــذا الخط المستقيم إلى ١٢ جزءاً متساويا يعبر كل جزء منها عن نقطة منسوب معينة . فإذا كان طول هـــذا الخط المستقيم ٩،٦ سم . مثلا فان طول كل وحدة جزئية به يجب أن يبلغ ٨ ملليمترات ، فتقع نقطة المنسوب ٤٥ .متراً على مسافة وحـــدة جزئية من نقطة ٤٤ متراً ، وتقع نقطة ٥٠ متراً على مسافة ٦ وحدات جزئية . أما نقطة المنسوب ٥٥ متراً فتقع على بعد وحدة جزئية من نقطة ٥٦ متراً .

وبعد إيجاد نقط المناسيب التى ستمر بها خطوط الكنتور نقوم بتوصيل هذه النقط بعضها ببعض بخطوط تجمع بين النقط الموحده الارتفاع فيمر الخط تبعاً لذلك بـكل المناطق المتساوية الارتفاع .

الفواصل الكنتورية : Contour - Intervals

بفرض أن الخطوط الكنتورية مرسومة بالضبط فإنها تعطى فكرة صحيحة من طبيعة الأرض على طول كل خط منها ، ولكنها لاتعطى أية معلومات عن طبيعة تكوين سطح الأرض فيما بينها ، إذ ربما وجدت تعاريج شديدة فى سطح الأرض بين خطى كنتور متتاليين . ولكن نظراً لعدم تقابل هذه التعاريج بأحد السطوح الأفقية التى افترضنا أنها تقطع سطح الأرض فإنها لاتظهر فى الرسم . وبما أن عدد السطوح الأفقية القاطعة غير محدد فيمكن توضيح طبيعة سطح الأرض لأية درجة مطلوبة من الدقة بزيادة عدد خطوط الكنتور . وتعرف هذه المسافة باسم « الفاصل الكنتورى » .

وبما أن تحديد هذا الفاصل أمر اختيارى فيمكن تحديده بدقة بمراعاة الاعتبارات الآتية :

١ — معرفة أعلى منسوب وأدنى منسوب فى المنطقة حتى يمكن معرفة المدى بين النقطتين ، ومن ثم عدد خطوط الكنتور التى ستوقع على الخريطة .

٢ — الغرض الذى تستخدم من أجله الخريطة ومدى الدقة المرغوب الوصول إليها ، فإن الفاصل الكنتورى يتناسب تناسباً عكسياً مع زيادة الدقة المطلوب الوصول إليها فى الخريطة .

٣ — درجة عدم انتظام سطح الأرض ، فإن كان سطح الأرض معقد التضاريس فانه يجب إنشاء خطوط كنتور متقاربة ، أى أن يكون الفاصل الرأسى صغيراً ، والعكس إذا كان انحدار سطح الأرض انحداراً طفيفاً .

٤ — مقياس رسم الخريطة ، فإن الفاصل الرأسى بين خطوط الكنتور يتناسب تناسباً عكسياً مع مقياس رسم الخريطة .

وقد جرت العادة فى الخرائط العالمية على أن يتم تحديد الفاصل الرأسى بين خطوط الكنتور فى الخرائط التى تمثل مناطق لا هى سهلية التضاريس ولا هى جبلية، على أساس أن يساوى هذا الفاصل مقام الكسر البيانى للخريطة ( ٢٥ ) مرة بالأقدام ، ويزيد هذا الفاصل فى المناطق المعقدة التضاريس ويقل فى المناطق السهلية .

فإذا كان مقياس رسم الخريطة بوصة للميل مثلا فإن الفاصل الرأسى يساوى هذا الميل ( ٢٥ ) مرة ولـكن بالأقدام أى ٢٥ قدماً . وإذا كان هذا المقياس بوصـة لـكل ميلين فإن الفاصل الرأسى يساوى هذا المقام ٢٥ مرة بالأقدام أى ٥٠ قدماً .

ولـكن يجب أن نراعى توحيد الفاصل الرأسى فى كل أجزاء الخريطة ، فلا يـكون هذا الفاصل خمسة أمتار فى جزء من أجزاء الخريطة ويزيد إلى عشرة أمتار فى جزء آخر منها ، لأن عدم الانتظام يسبب تخلخلا فى كثافة خطوط الـكنتور ومن ثم يضيع الإحساس بمدى تعقد التضاريس أو انبساطها،ذلك أن ضيق المسافة بين خطوط الـكنتور وتقارب هذه الخطوط من بعضها فى المناطق المرتفعة كفيل فى حد ذاته بتوضيح شدة انحدارسطح الأرض فى هذه الجهات .

وفى الخرائط الصغيرة المقياس قد يؤدى توحيد الفاصل الرأسى إلى عدم ظهور كثير من التفاصيل الهامة فى المناطق المنخفضة ، وذلك لأن صغر مقياس رسم الخريطة سيجعلنا نلجأ إلى استخدام فاصل رأسى كبير حتى نتلافى التحام خطوط الـكنتور فى المناسيب المرتفعة . ولهذا فإنه من الجـائز فى مثل هــذه الخرائط أن نستخدم فاصلا كنتورياً متنوعاً Variable Contour - interval ، أى أن هذا الفاصل يتناسب طردياً مع ارتفاع سطح الأرض .

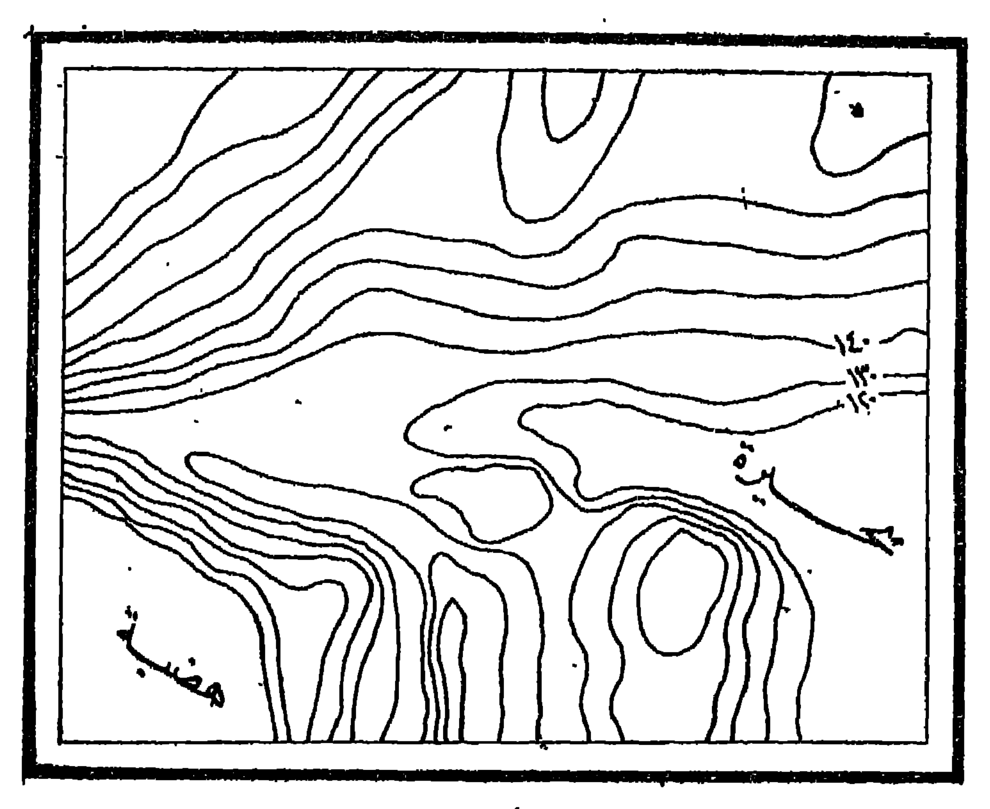
ففى خريطة العالم المليونية ( أنظر صفحة ٤٩ ) نجد أن الفواصل الـكنتورية التى حددتها إتفاقية الخريطة هى كالآتى : ١٠٠ ــ ٢٠٠ ــ ٣٠٠ ــ ٤٠٠ ــ ٥٠٠ ــ ٧٠٠ ــ ١٠٠٠ ــ ١٥٠٠ ــ ٢٠٠٠ ــ ٢٥٠٠ ــ ٣٠٠٠ ــ ٣٥٠٠ ــ ٤٠٠٠ متر . وفى خرائط الأطالس ــ الصغيرة المقياس عادة ــ نجد أن هذه الفواصل تحدد على النحو التالى : ٥٠٠ ــ ١٠٠٠ ــ ٢٠٠٠ ــ ٣٠٠٠ ــ ٥٠٠٠ ــ ٧٠٠٠ ــ ١٠٠٠٠ ــ ١٥٠٠٠ قدم .

## خواص خطوط الـكنتور :

عند رسم أية خريطة كنتورية يجب أن نلاحــظ أن خطوط الـكنتور تتميز بعدة خواص .

١ ــ تتراجع خطوط الـكنتور نحو منابع المجارى المائية التى قد تخترق المنطقة . فإذا

قارنا بين الشكل (٩٨) والشكل (٩٩) وهما يوضحان خريطة كنتورية لنفس المنطقة ، ولكن الإختلاف فى نظام خطوط الكنتور فى كل منهما يرجع إلى إضافة المجارى المائية فى الشكل الأخير ، الذى تتميز الخطوط الكنتورية فيه بتراجعها نحو منابع المجارى المائية . ومن هنا أيضاً يمكن رسم المجارى المائية فى الخرائط الكنتورية وذلك بتتبع تراجع خطوط الكنتور كما فى الشكل (١٠٠).

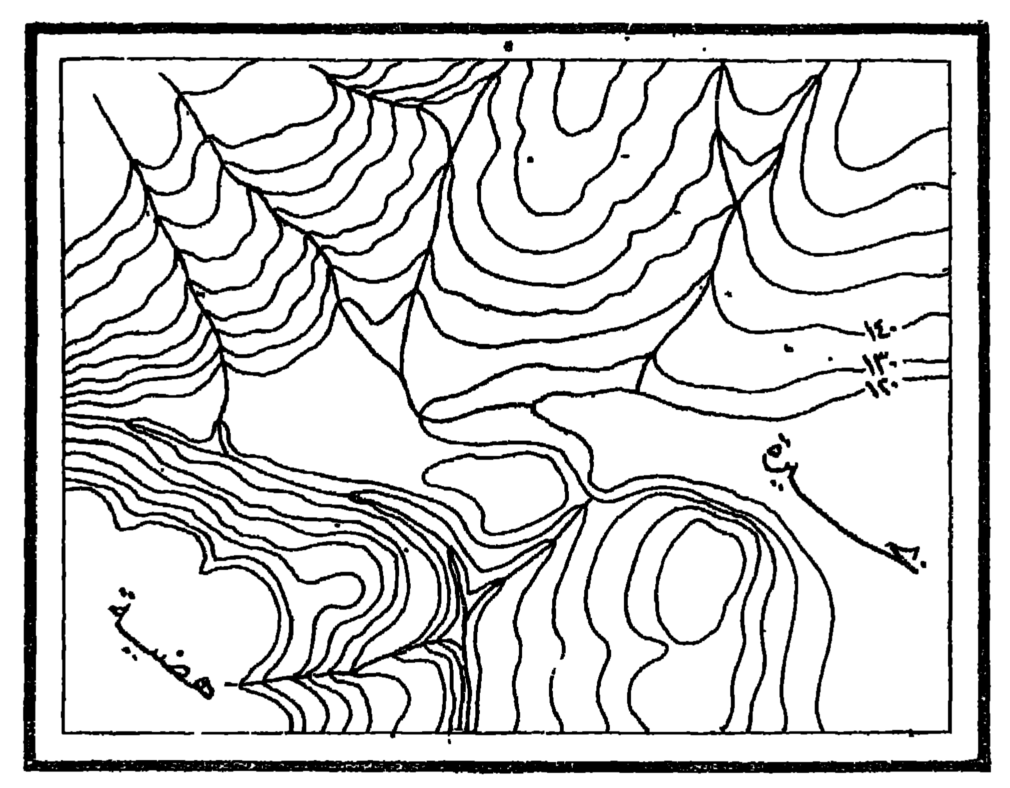



( شكل ٩٨ )

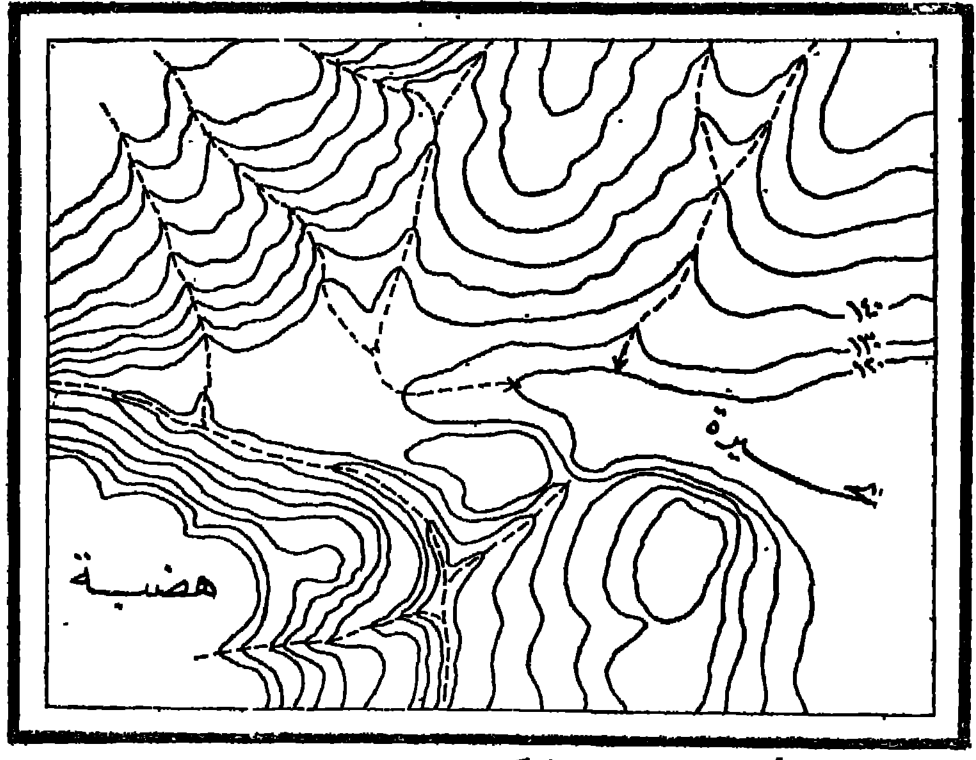
٢ ـ ارتفاع أو انخفاض أية نقطة على خط الكنتور عن أية نقطة على الكنتور المجاور له مباشرة ـ تحته أو فوقه ـ هو المسافة الرأسية الثابتة بين خطى الكنتور . ويتضح من ذلك أن الميل الشديد فى سطح الأرض يظهر عندما تكون هذه المسافة صغيرة ، ويكون اتجاه هذا الميل عند أية نقطة فى اتجاه عمودى على خط الكنتور المار بهذه النقطة .

٣ — يدل تقارب خطوط الكنتور على تضاريس شديدة الانحدار ، ويدل تباعدها عن بعضها على انحدار أقل شدة ، كما تبين المسافة المنتظمة بين خطوط الكنتور ميلا منتظماً .

٤ — تساعدنا خطوط الكنتور ـ إذاً ـ على تحـــديد أنواع الانحدارات فى سطح




( شكل ٩٩ )




( شكل ١٠٠ )

الأرض تبعاً لشكل هذا الانحدار وشدته . ويستدل على نوع الانحدار فى الخريطة الكنتورية من دراسة العلاقة بين الفاصل الرأسى والمسافة الأفقية .

ويمكن تقسيم الانحدارات إلى الأنواع التالية :

( أولا ) تقسيم حسب درجة الانحدار :

أ — انحدار خفيف Gentle slope : وتبتعد فيه خطوط الكنتور عن بعضها ، أى أن المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور تكون كبيرة بالقياس إلى الفاصل الرأسى .

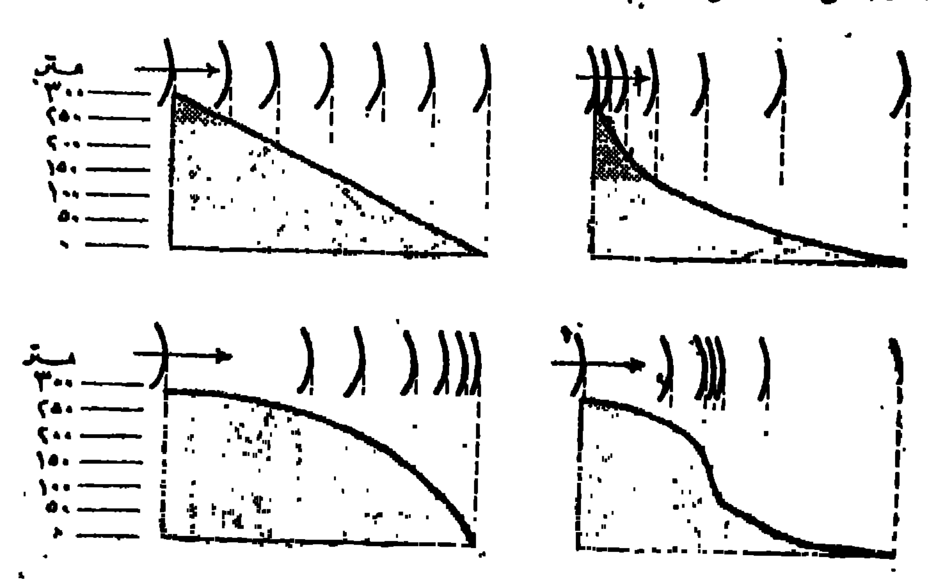
ب — انحدار شديد Steep slope : وتقترب فيه خطوط الكنتور من بعضها، أى أن المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور تكون صغيرة بالقياس إلى الفاصل الرأسى .

حـ — انحدار معتدل Moderate slope : وهو مرحلة وسطى بين النوعين السابقين ، إذ تتسم العلاقة بين المسافة الأفقية والفاصل الرأسى بالاعتدال .

( ثانيا ) تقسيم حسب شكل الانحدار :

ا — انحدار منتظم uniform slope : وهو الانحدار الذى يسير على وتيرة واحدة سواء أكان شديداً أم خفيفاً .

ب — انحدار مقعر Concave slope :وهو الانحدار الذى يبدأ بانحدار شديد عند القمة ثم تخف حدة الانحدار فى أسفل التل ، ويمكن معرفة ذلك من تباعد خطوط الكنتور بالقرب من قاعدة التل وتقاربها عند القمة .




( شكل ١٠١ )أنواع الانحدارات

فوق يمين : انحدار مقعر — فوق يسار : انحدار منتظم

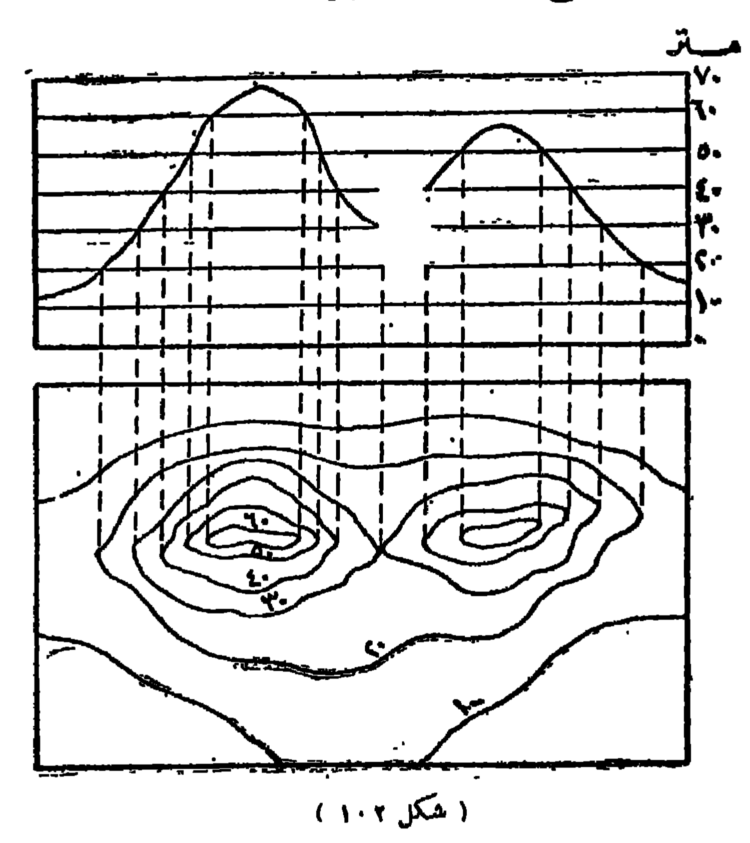
تحت يمين : انحدار غير منتظم — تحت يسار : انحدار محدب

ح — انحدار محدب Convex slope: وهو ذلك الانحدار الذى يبدأ بانحدار بطىء عند قمة التل وتزيد شدته عند السفح ، ويمكن معرفة ذلك من تقارب خطوط الكنتور المنخفضة وتباعد الكنتورات المرتفعة .

٥ — يمكن أن تنطبق خطوط الكنتور المختلفة المنسوب بعضها على البعض الآخر ويتكون منها خط كنتور واحد وذلك فى حالة الجرف Cliff فقط .

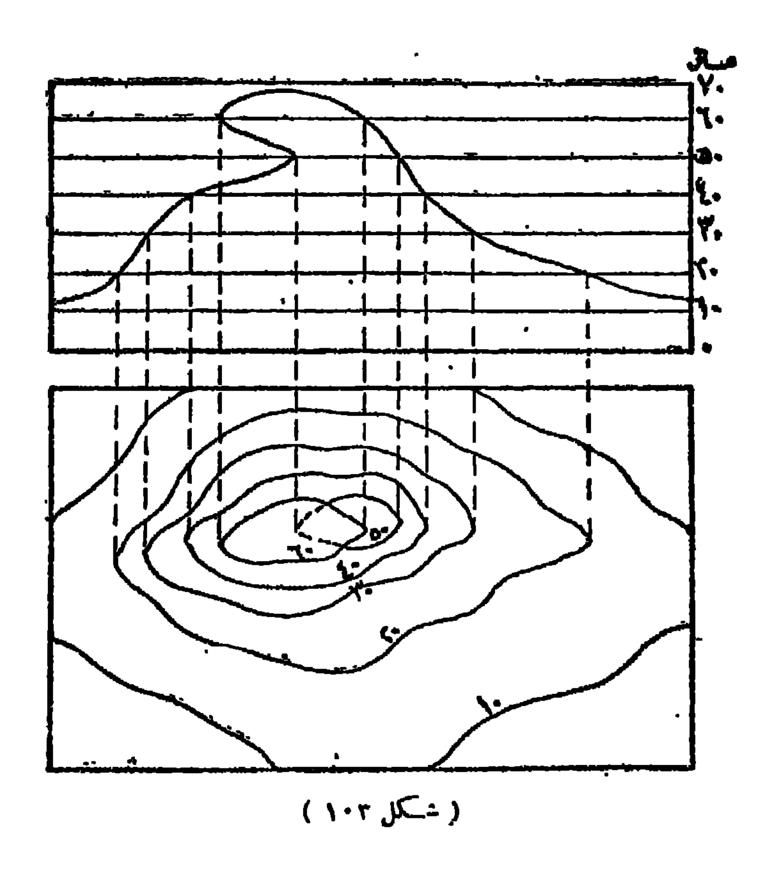
٦ — المفروض ألا ينتهى أى خط كنتور فى أية نقطة ، ولكن لابد وأن يقفل على نفسه إلا فى حالة خطوط الكنتور القريبة من أطراف اللوحة .

٧ — لايمكن أن يتلاقى خطا كنتور منسوبهما واحد إلا فى حالات نادرة كما فى الشكل ( ١٠٢ ) ولا يمكن أن يتفرع خط كنتور إلى فرعين .




( شكل ١٠٢ )

٨ — لاتتقاطع خطوط الكنتور إطلاقا إلا فى حالات خاصة ، ويكون هذا فقط فى حالة وجود مغارة كما فى الشكل (١٠٣) وتمين نقطة التقاطع فى الرسم نقطتين أو أكثر مختلفة المنسوب فى الطبيعة .




( شكل ١٠٣ )

## أنواع خطوط الكنتور

ليس الهدف من رسم خطوط الكنتور فى خرائط التضاريس هو إبراز الملامح التضاريسية الرئيسية فى المنطقة فحسب ، ولكنها تساعدنا كذلك على اكتشاف طبيعة العلاقات التى تربط بين الظاهرات الطبيعية والبشرية المختلفة فى المنطقة التى تغطيها الخريطة . ومن ثم فإن الأنواع التالية من خطوط الكنتور تهدف إلى إبراز مظاهر طبيعية معينة دون بقية الملامح التضاريسية فى المنطقة تمهيداً لإخضاع تلك الظاهرات للتحليل والدراسة .

### ١ — خطوط الكنتور المتميزة : Significant contours

تعبر خطوط الكنتور عن تضاريس سطح الأرض ، ومن ثم فإنها ترسم جميعا بسمك واحد وبفاصل رأسى موحد . ولكن تستدعى بعض أغراض الدراسة إبراز بعض هذه

الخطوط أو إحداها . فمند دراسة منطقة ما قد نجد أن هنـاك ارتباطا بين ظاهرة معينة فى المنطقة وخط كنتور بالخريطة التى تمثل هـذه المنطقة ، كأن نجد علاقة بين امتـــداد الأراضى الزراعية وخط كنتور معين ، أو بين نوع معين من المحصولات الزراعية وهذا الخط . وفى هذه الحالة نقوم برسم هذا الخـط بطريقة تبرز أهميته فى دراسة هذه المظاهر .

ومن هذه الخطوط الـكنتورية « المتميزة » المرتبطة بظاهرات طبيعيـة وبشرية هامة خط كنتور ١٠٢ متر فى مصر ، وخط ٢٠٠ قدم فى حوض لندن ، وخط ٧٠ مترا فى شمال شرق بلجيكا ، وخط ٨٠٠ قدم فى اسكتلنده . وكل هذه الخطوط تعـكس ظاهرات طبيعية وبشرية هامة .

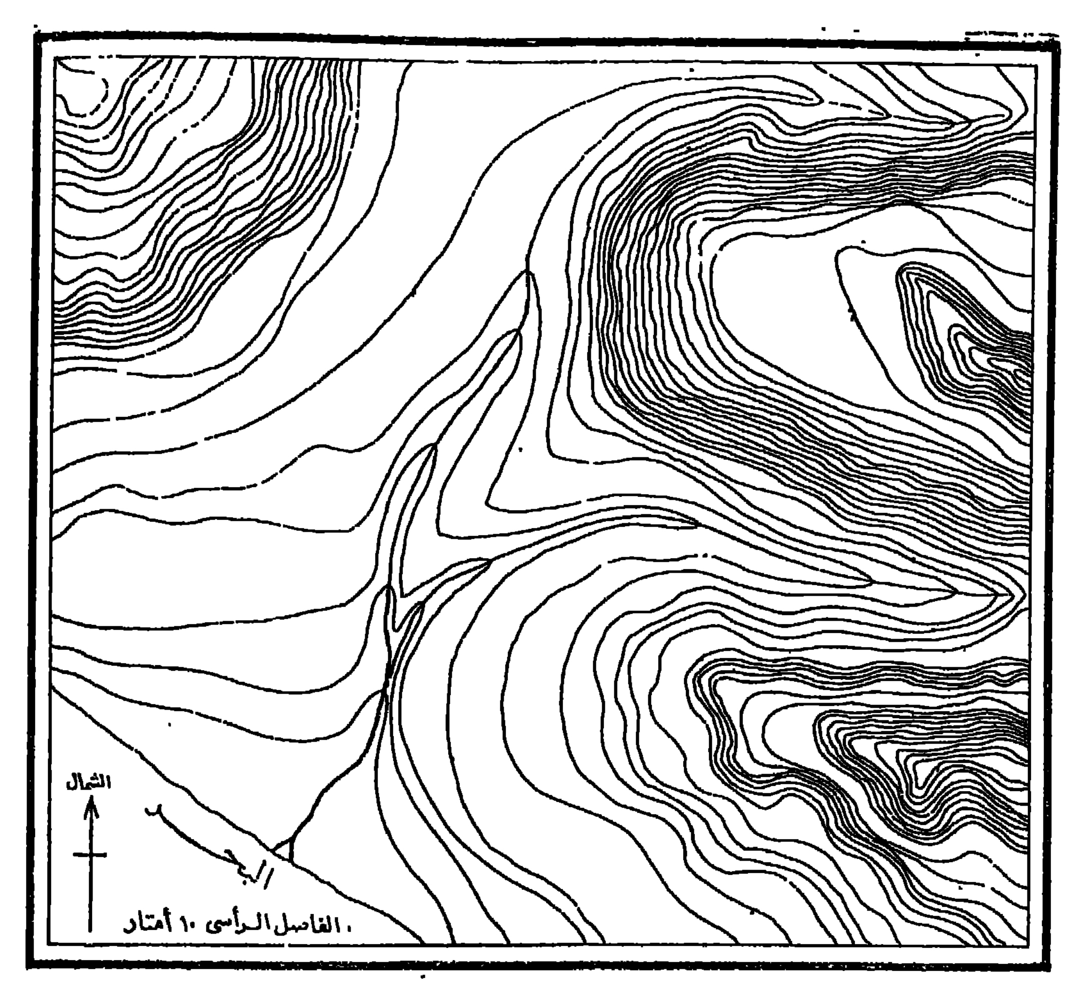
٢ — خطوط الـكنتور الرئيسية : Index Contours

تشبه الخطوط الـكنتورية الرئيسية الخط المتمـيز الذى سبق شرحه من حيث طريقة رسمه، فهى ترسم بسمك أكبر من السمك الذى ترسم به بقية الخطوط الـكنتورية فى الخريطة. ولـكن الفارق الرئيسى بينهما هو أن النوع السابق لا يزيد على خط واحد بارز فى الخريطة كلها ويحدد ظاهرة طبيعية أو بشرية تهم الخريطة بإبرازها خدمة لأغراض دراسية معينة . أما خطوط الـكنتور الرئيسية فإنها ترسم بفاصل رأسى أكبر من الفاصل الـكنتورى العادى للخريطة .

والهدف من استخدام هذه الطريقة هو توضيح تضاريس الأرض بشكل بارز . فالشكل ( ١٠٤ ) يوضح خريطة كنتورية مرسومة بفاصل رأسى عشرة أمتار وقد استخدمت خطوط الـكنتور العادية فى تمثيل تضاريسها . أما الشـكل ( ١٠٥ ) فهو يمثل الخريطة الـكنتورية السابقة ولـكن باستخدام طريقة الـكنتورات الرئيسية . فالفاصـل الرأسى بين خطوط الـكنتور العادية عشرة أمتار بينما يبلغ الفاصل الرأسى بين الخطوط الرئيسية ٥٠ متراً . ولا شك أن الخريطة الثانية أكثر توضيحاً للتضاريس من الخريطة الأولى .

٣ — خطوط الـكنتور المتوسطة : Intermediate Contours

خطوط الـكنتور المتوسطة هى نفسها خطوط الـكنتور العادية التى سبق شرحهـا . فالفاصل الرأسى بينها هو نفسه الفاصل الرأسى المحدد Prescribed contour interval للخريطة. فإذا أبرزنا خطا واحداً من هذه الخطوط الـكنتورية كان هذا الخط هو خط الـكنتور

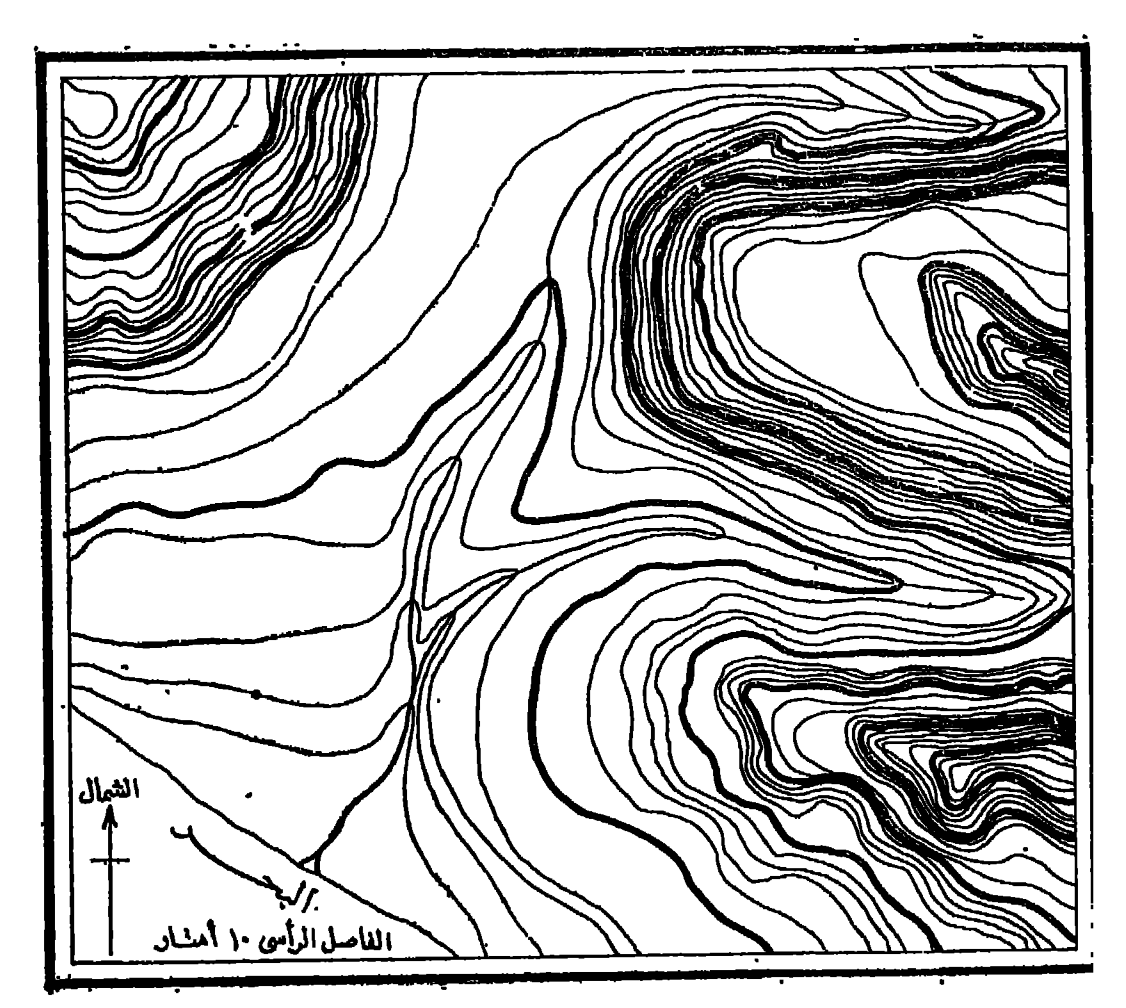



شكل ( ١٠٤ )

المتميز Significant ، وإذا قمنا بإبراز مجموعة من هذه الخطوط بفاصل رأسى مخالف للفاصل الرأسى المحدد للخريطة كانت هذه الخطوط هى خطوط الكنتور الرئيسية Index ، وإذ لم نقم بتوضيح أى خطوط كنتورية بالخريطة وتركناها كما هى كانت الخطوط الكنتورية فى هذه الحالة هى المقصودة بالخطوط الكنتورية المتوسطة Intermediate .

وإذ كان الشكل ( ١٠٥ ) يوضح نموذجا لخطوط الكنتورية الرئيسية فإن الشكل ( ١٠٤ ) وهو الذى يمثل خريطة كنتورية عادية يعطينا نموذجا لخطوط الكنتور المتوسطة .

ويمكن حذف بعض هذه الخطوط تحت ظروف معينة وإضافة بعضها تحت ظروف أخرى . فيمكن بوجه عام أن نحذف بعض هذه الخطوط إذا كان انحدار سطح الأرض




شكل ( ١٠٥ )

شديداً ولكنه منتظم فى درجة شدته،فيؤدى حـــذف بعض الخطوط إلى تخفيف تزاحمها الشديد الذى يؤدى إلى طمس بعض معالم الخريطة . أما إذا كان الانحدار شديداً ولكنه غير منتظم فى درجة شدته فإن حذف بعض هذه الخطوط قد يؤدى إلى تشويه الصورة التضاريسية للمنطقة .

ومن الأمور التى قد تضلل قارئ الخريطة أن تحذف بعض هذه الخطوط رغم أنها قد تعبر عن ظاهرة تضاريسية متميزة أو قد تعكس مواضع تغير انحدار سطح الأرض أو عندما تكون نقط المناسيب قليلة العدد .

ويمكن بوجه عام أن نستغنى عن بعض هـذه الخطوط المتوسطة إذ تزاحمت الخطوط الكنتورية الرئيسية، لأن حذف بعضها فى هذه الحالة لن يؤدى إلى إهمال أية تفاصيل تضاريسية ، بل ستتولى خطوط الكنتور الرئيسية الكثيفة مهمة توضيح هذه التفاصيل بشكل بارز .

٤ — خطوط الكنتور الإضافية : Supplementary Contours

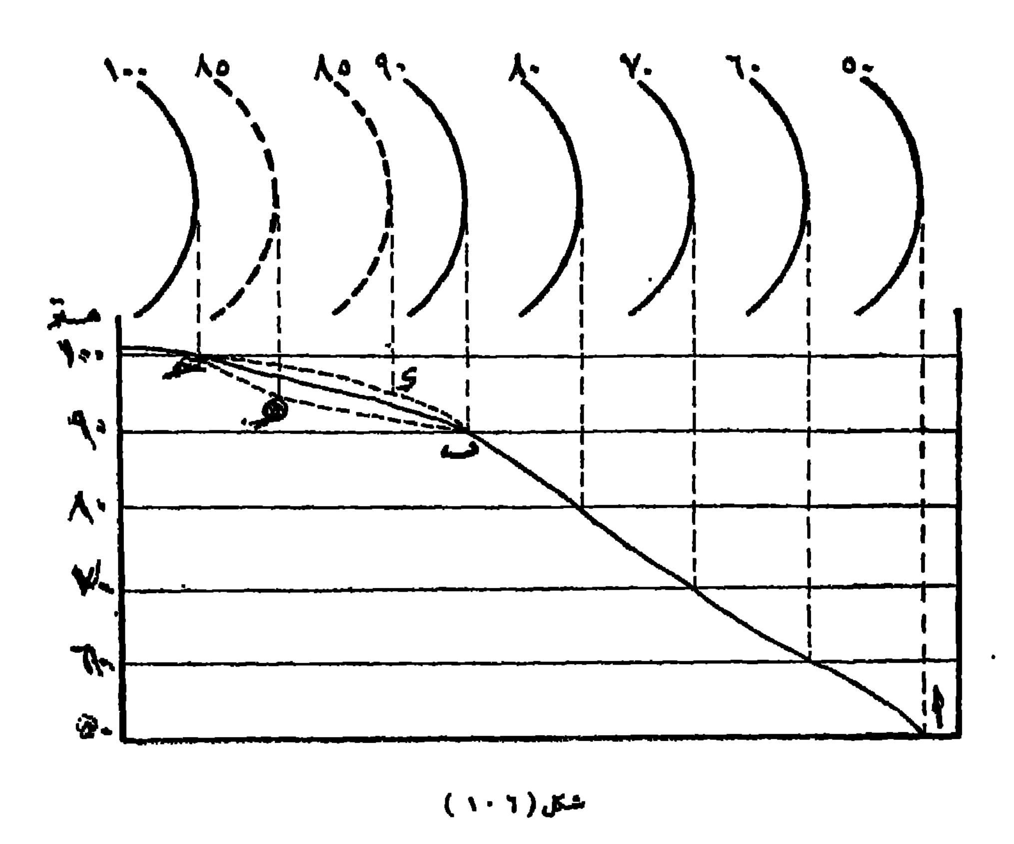
تضاف خطوط الكنتور الإضافية إلى بعض أجزاء الخريطة الكنتورية لتوضيح ظاهرة فزيوغرافيـة أهملت الخطوط الكنتورية العادية توضيحها بحـكم كبر الفاصل الكنتورى للخريطة .

ويبلغ الفاصل الرأسى للخطوط الإضافية نصف الفاصل الرأسى العادى للخريطة . فإذا كان الفاصل الرأسى للخطوط يبلغ عشرة أمتار فإن الخطوط الإضافية ترسم بفاصل رأسى قدره خمسة أمتار فقط .

ويوضح الشكل (١٠٦) انحدار سطح الأرض من منسوب ١٠٠ متر إلى منسوب ٥٠ متراً بفاصل رأسى قدره عشرة أمتار . فإذا رسمنا قطاعا تضاريسياً ( سيأتى شرح طريقة رسم القطاعات التضاريسية فيما بعد ) لهذه المنطقة فسيوضح هذا القطاع طبيعة انحـدار سطح الأرض بين المنسوبين على خط القطاع ( ا ب حـ ) .

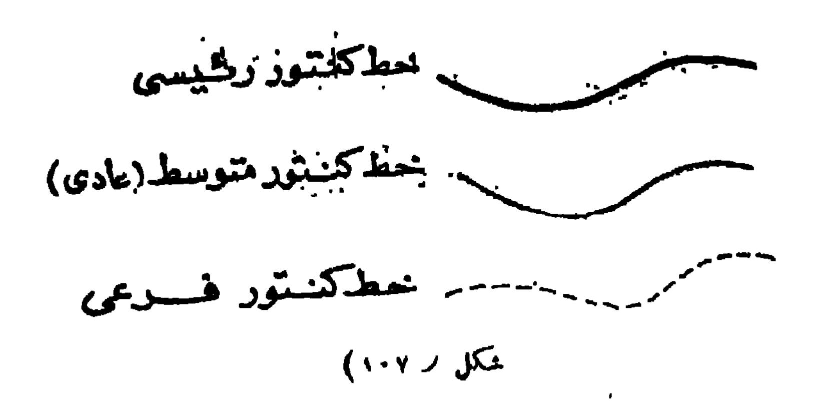
ولـكن المسافة الأفقية بين خطى ( ٩٠ ) ، ( ١٠٠ ) متر مسافة كبيرة ، فإذا كانت هذه المسافة لا توضح طبيعة انحدار سطح الأرض بين هذين الخطين الكنتوريين فإن رسم خط فرعى يمثل منسوب ٨٥ متراً قد يبرز هذا التغيير بصفة محددة .

وواضح من الشكل أن تغير موضع الخط الفرعى (وهو الخط المجزء ) قد غير من طبيعة القطاع التضاريسى للمنطقة وحدد الموضع الفعلى الذى تغير عنده انحدار سطح الأرض بين هذين المنسوبين . فعندما اقترب الخط الفرعى ( ٨٥) متراً من خط ( ٩٠) متراً اتخذ القطاع ( ا ب د حـ ) شكل انحدار محدب فيما بين نقطتى ( ب ) ، ( حـ ) ولـكن عندما يقترب الخط الفرعى ( ٨٥ متراً ) من خط الكنتور ١٠٠ متر يتخذ القطاع ( ا ب هـ حـ ) شكل انحدار مقعر فيما بين نقطتى ( ب ) ، ( حـ ) .




شكل (١٠٦)

ونظراً لأن خط الكنتور الفرعى لا يشكل جزءاً أساسياً من الخريطة الكنتورية ، بل إنه يضاف إليها فى بعض أجزائها تحقيقاً لأغراض دراسية معينة ، فإنه لا يرسم بنفس سمك خطوط الكنتور العادية ، ولكن بسمك أرفع من خط الكنتور العادى ، كما أنه لا يرسم بشكل مستمر بل بصورة متقطعة كما هو واضح من الشكل (١٠٧) الذى يبين الفرق بين خطوط الكنتور الرئيسية والمتوسطة والفرعية .




شكل (١٠٧)

٥ — خطوط الكنتور المبسطة : Generalized Contours

إن التماريج والإنثناءات الموجودة فى سطح الأرض ـ والتى تمثلها خطوط الكنتور ـ هى نتيجة حتمية لتعرض سطح الأرض لعمليات مختلفة من التعرية والنحت ولتأثير المجارى المائية العديدة التى كان لها الدور الأكبر فى تعقيد شكل خطوط الكنتور . أى أنه لولا هذه المجارى المائية لكان سطح الأرض أكثر انتظاماً فى انحداره ، ومن ثم لكانت الخطوط الكنتورية أكثر استقامة وأقل عدداً .

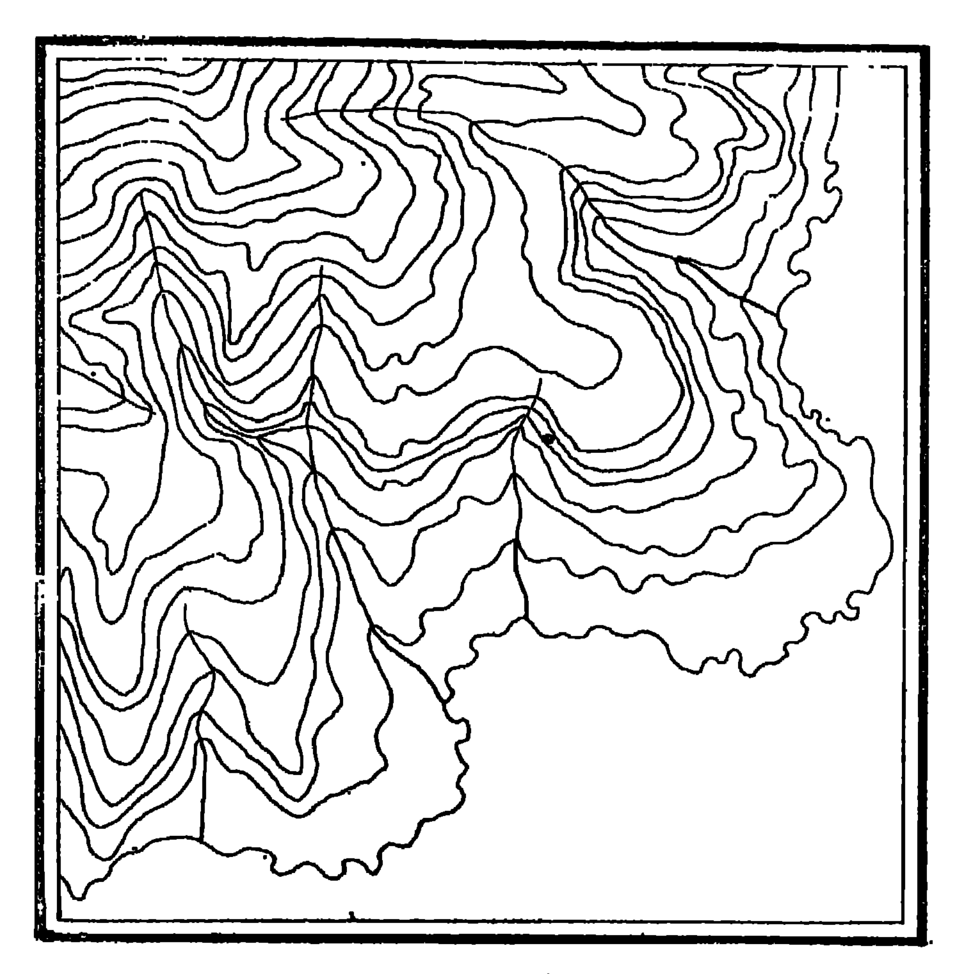
فالرجوع بالخريطة الكنتورية إلى عصور جيولوجية أقدم يتحقق بيسط الخطوط الكنتورية عن طريق التقليل من التماريج والإنثناءات الموجودة بهذه الخطوط ، أى بملء الفجوات التى أوجدتها عوامل التعرية المختلفة بسطح الأرض .

وسبيلنا إلى ذلك هو خطوط الكنتور المبسطة التى ترجع بسطح الأرض إلى حالته التى كان عليها قبل وجود هذه الفجوات .

وعملية ملء الفجوات هذه بمثابة ترميم لتصدعات أحدثتها عوامل التعرية — وخاصة المجارى المائية - بسطح القشرة الأرضية ويمكن إجراء هذه العملية على الخريطة الكنتورية بربط النقط ذات الارتفاعات المتساوية لأراضى ما بين الأودية Interfluve بخطوط مستقيمة تخترق الأودية التى بينها . وهذه الخطوط هى الخطوط الكنتورية المبسطة .

ووسائل ربط النقط ذات الارتفاعات المتساوية تتوقف على الغاية التى يريد الباحث أن يبرزها فإذا أراد أن يرجع بسطح الأرض فى منطقة دراسته مرحلة إلى الوراء قريبة من حالتها الراهنة فعليه أن يملأ وديان الأنهار الصغيرة ( روافد الأنهار الرئيسية ) . أما إذا أراد أن يصور سطح الأرض فى منطقة دراسته على حالته الأقدم فعليه أن يملأ وديان الأنهار الكبيرة وهكذا .

ولفهم هذه الطريقة بشكل أوضح فلنلاحظ الشكل ( ١٠٨ ) الذى تبين فيه الخطوط الكنتورية تضاريس سطح الأرض فى المنطقة التى تمثلها الخريطة وللرجوع بسطح الأرض مرحلة جيولوجية إلى الوراء علينا أن نحذف الفجوات التى أحدثتها روافد الأنهار الرئيسية ونوصل بين النقط ذات الارتفاعات المتساوية فى المنطقة المحيطة بهذه الرافد . وتوضح لنا الخطوط المتقطعة فى الشكل ذاته هذه الخطوط الكنتورية المبسطة .

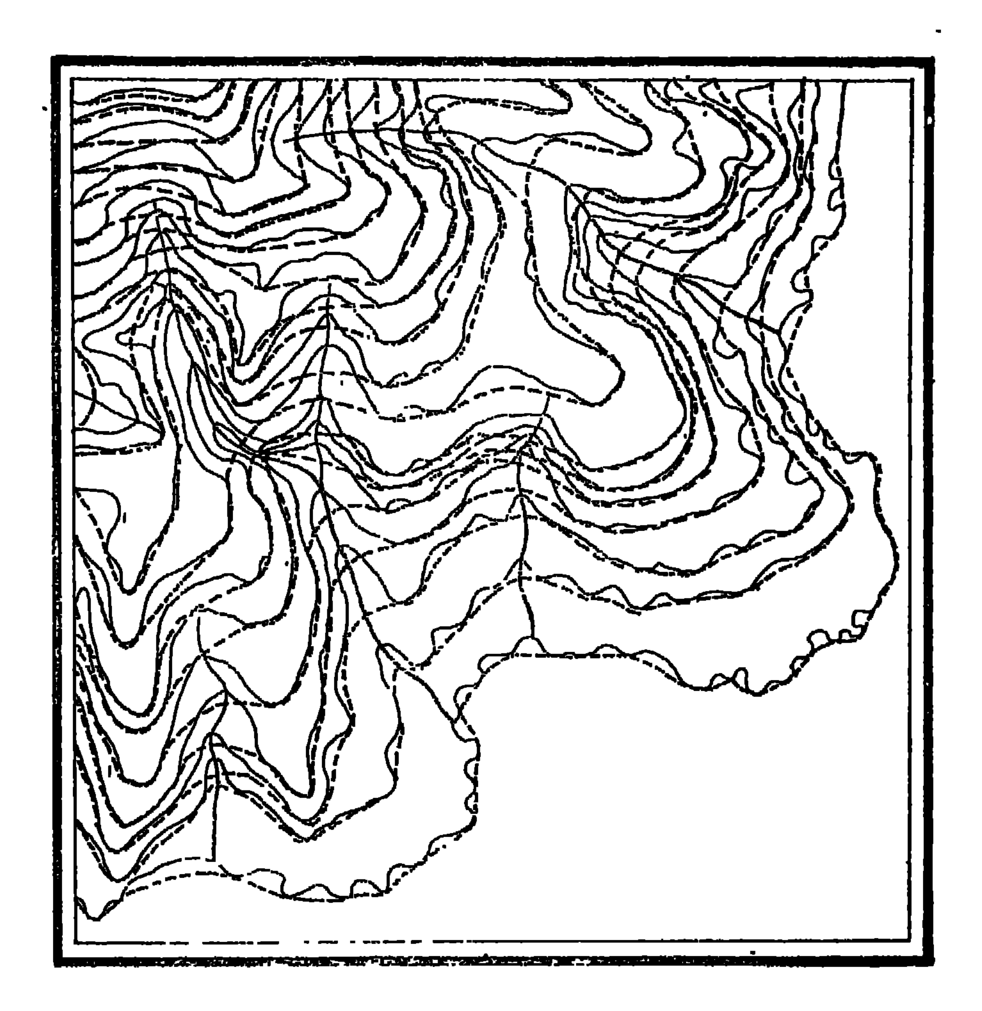


شكل ( ١٠٨ )
الخريطة الكنتورية الأصلية المطلوب تبسيطها

فإذا أردنا أن نرجع بسطح الأرض فى هذه المنطقة مرحلة جيولوجية أخرى فيجب أن نقوم بملء الفجوات التى أوجدتها الأنهار الرئيسية . ولتسهيل هـذه المهمة يجب أن نقوم بنقل الخطوط المجزأة فى الشكل (١٠٩) فى شكل مستقل ، ثم نقوم بملء الفجوات بالطريقة السابقة بخطوط متقطعة كما فى الشكل ( ١١٠ ) فتكون النتيجة النهائية كما فى الشكل ( ١١١ ) حيث نجد أن الخطوط الكنتورية قد أصبحت فى أبسط شكل ممكن .

استخدام الألوان فى الخرائط الكنتورية :

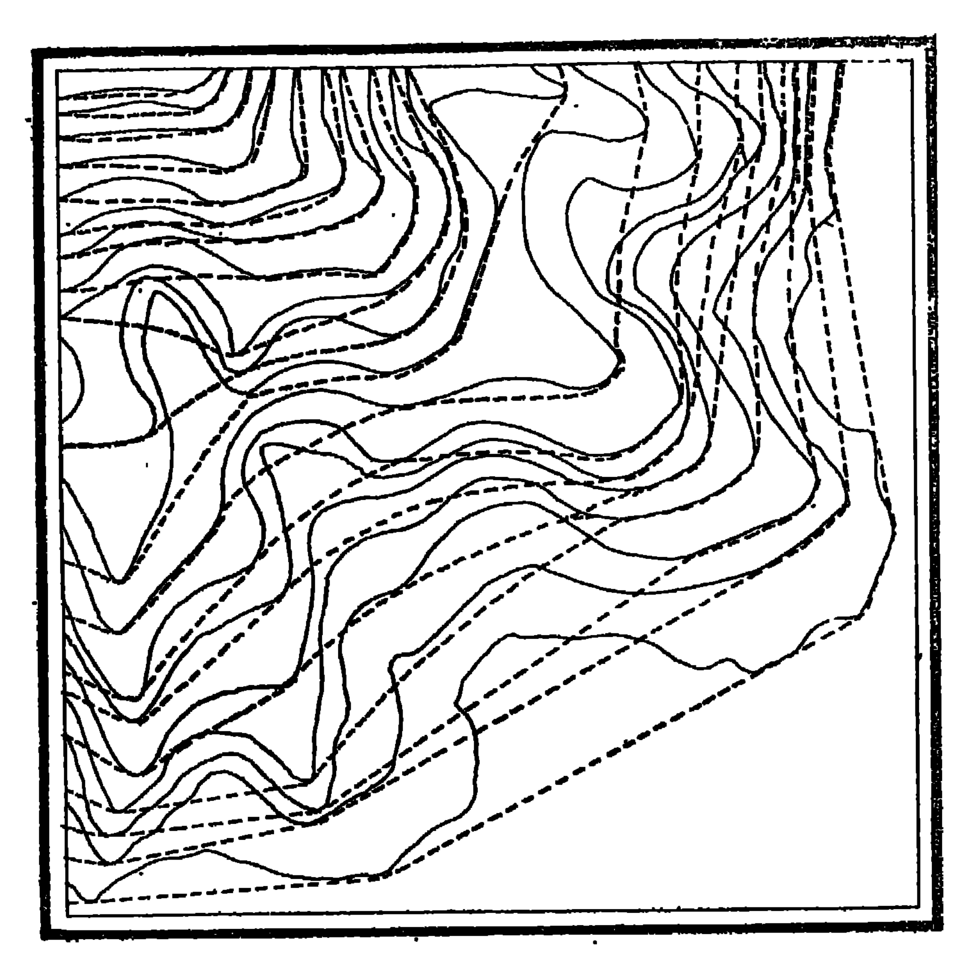
تضاف الألوان إلى الخرائط الكنتورية لإبراز تفاصيل العنصرين الأساسيين فى التضاريس وهما عنصرا الإستواء والإنحـدار اللذان ينعكسان فى مجموعـة من المرتفعات



شكل ( ١٠٩ )
المرحلة الأولى فى تبسيط الخريطة بملء المجارى المائية الفرعية

والمنخفضات . وقد ساعد تقدم الطباعة الليثوغرافية فى العصر الحديث على استخدام هـذه الطريقة فى الخرائط الطبوغرافيـــة وفى خرائط الأطالس . وشرح العمليات الفنية لطريقة الألوان خارج عن نطاق كتابنا هذا، إلا أنه يمكننا أن نقول بأن إبراز التفاصيل التضاريسية يتم باستخدام لون واحد بطريقة تدرج الألوان Layer - colouring عن طريق الطباعة بطريقة الظلال Half - tone .

ولا يمكن اختيار درجات الألوان عن طريق الفاصل الرأسى للخريطة ذاتهـا ، ولكننا نجمع مجموعة من الخطوط الكنتورية ونعطيها لوناً واحداً . واختيار هذا الفاصل

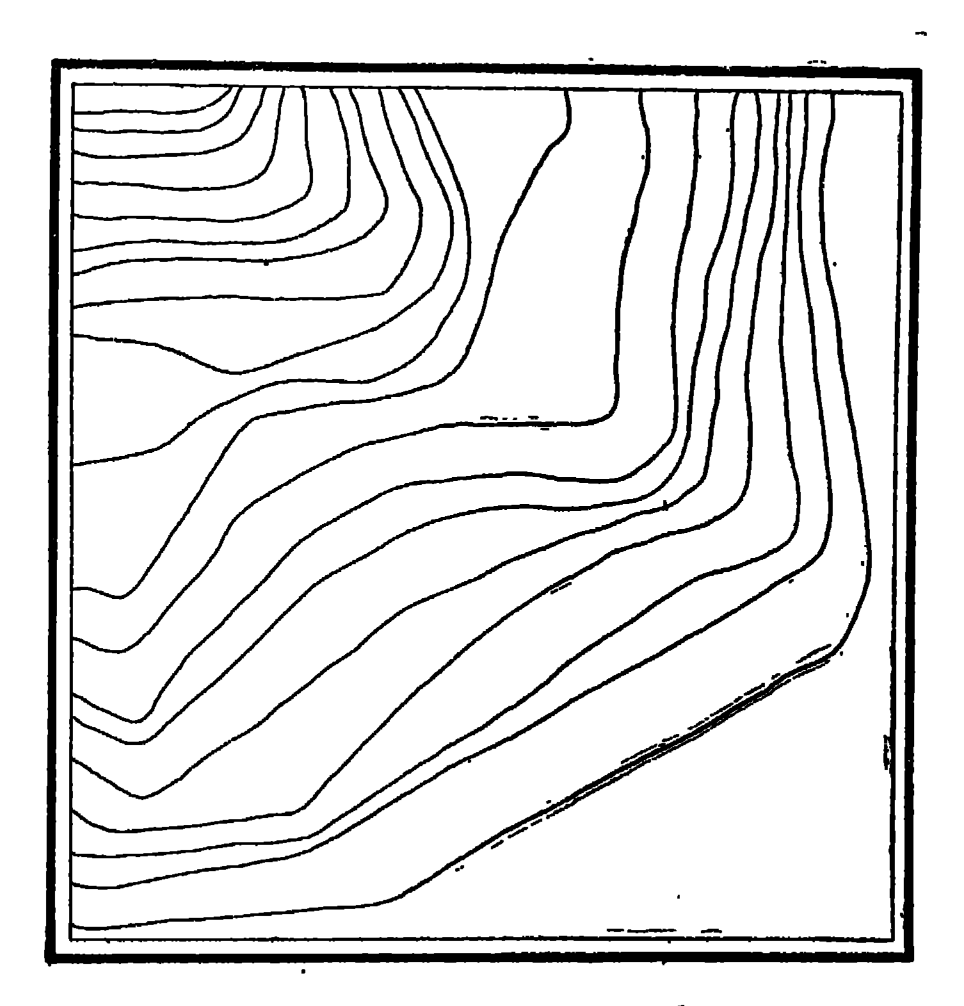


( شكل ١١٠ )
المرحلة الثانية فى تبسيط الخريطة عن طريق ملء المجارى المائية الرئيسية

الـكنتورى الجديد يتوقف على مدى تعقد تضاريس المنطقة وعلى مـدى الدقة المطلوب الوصول إليها .

فإما أن نستخدم لوناً واحداً يتدرج مع الارتفاع حتى نصل إلى لون داكن جداً فمثلا إذا استخدمنا اللون البنى — وهو المستخدم فى تمثيل المرتفعات — فإن هذا اللون يتدرج مع ارتفاع التضاريس حتى نصل إلى البنى الداكن الذى يوضح أعلى ارتفاع فى المنطقة . ولـكن ربما تسبب هذا فى طمس بعض التفاصيل فى العروض المرتفعة جداً .

وإما أن نلجأ إلى استخدام عدة ألوان حتى نتلافى الوصول إلى لون داكن جداً يطمس تفاصيل الخريطة . فمثلا يمـكننا أن نستخدم اللون الأصفر الذى يبدأ من الأصفر الفاتح حتى الأصفر الداكن ونبدأ بعده فى استخدام اللون البني ونصـــل بدرجاته



( شكل ١١١ ) الخريطة الكنتورية بعد تبسيطها

اللونية حتى البنى الغامق . ويمكننا بعد ذلك إذا كانت المنطقة مرتفعة جداً أن نستعين باللون البنفسجي ثم الأبيض لتعيين قمم الجبال التى تتراكم عليها الثلوج بصفة مستمرة . أما إذا زاد الفارق بين أعلى وأدنى منسوب فى الخريطة فيمكن أن نبدأ باللون الأخضر الداكن فالأخضر الفاتح فالأصفر فالبنى فالبنفسجي فالأبيض .

## استخدام التظليل فى الخرائط الكنتورية :

يعرف تظليل الخريطة باسم Stippling وتستخدم فرش الألوان فى عملية التظليل . ويتم التظليل بافتراض وجود مصدر للضوء يتعامد رأسياً على تضاريس المنطقة التى توضحها الخريطة . ومن ثم تظهر المناطق المسطحة بلون فاتح والمنحدرة بلون داكن ومصدر الضوء فى هذه الخرائط شبيه بمثيله فى الخرائط التي تستخدم الهاشور ولكننا

ا لانستخدم خطوطا واضحة تمتمد على مساحة دقيقة بل تظليل متدرج قائم على أساس
، فقط .

وثمة طريقةأخرى للتظليل تعرف فى الولايات المتحدة الأمريكية باسم Plastic Shading
نوم على أساس افتراض وجود مصدر مائل للضوء Oblique illumination بعكس الطريقة
ابقة التى كانت تعتمد على افتراض وجود مصدر رأسى للضوء

ويفترض فى هذه الطريقة أن مصدر الضوء هو الركن الشمالى الغربى ، ومن ثم فإن
حدرات الشمالية الغربية والغربية تبقى بدون تظليل بينما تظلل المنحدرات الشرقية
لجنوبية الشرقية .

وبما أننا نقيم فى نصف الكرة الشمالى فإن مصدر الضوء غالبا ما يكون جنوبيا . وقد
ت المساحة البريطانية عدة تجارب للحصول على خرائط مظللة بافتراض أن مصدر
وء هو الركن الجنوبى فكانت النتيجة هى الحصول على خرائط يخيل للناظر إليها أنها
ت الخريطة الأصلية ولكنها السلبية Negative التى استخدمت فى تصوير الخريطة
ملية .

ويستخدم اللون الأسود فى التظليل وهو يعطى نتائج باهرة فى المناطق الجبلية على
، الخصوص . ولكن يعيب هذه الطريقة أن الظلال الداكنة فى المناطق الجبلية قد
ى على التفاصيل الأخرى بالمنطقة ، وهى نفس الصعوبة التى واجهتنا فى استخدام
قة الهاشور .

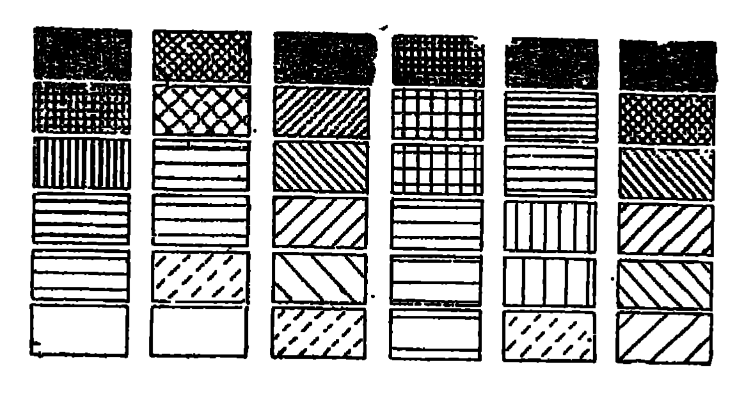
وقد شاع استخدام هذه الطريقة من طرق تمثيل سطح الأرض لاسيا مع الاستعانة
ق كارتوجرافية أخرى مثل خطوط الكنتور .

استخدام التظليل فى الخرائط الكنتورية :

يمكن استخدام التظليل اليدوى Hand - stippling فى تمثيل تضاريس المنطقة ، فبعد
الخريطة الكنتورية يمكن رسم تظليلات تتدرج مع تدرج ارتفاع التضاريس . ويمكن
تدرج هذه التظليلات مابين اللون الأبيض واللون الأسود

ويوضح الشكل ( ١١٢ ) مجموعة من التظليلات يمكن استخدامها يدوياً فى تمثيل
يس سطح الأرض وهى تقـــوم على مجموعة من الخطوط المستقيمة أو النقط

تتقارب من بعضها حتى تصل إلى اللون الأسود وتتباعد عن بعضها حتى تصل إلى اللون الأبيض .



( شكل ١١٢ )

ويعيب هذه الطريقة أن بعض هذه التظليلات الداكنة قد تطغى على كثير من تفاصيل الخريطة أو لا تسمح بكتابة الأسماء . ويمكن مراعاة ذلك بترك مستطيلات بيضاء وسط التظليل تكتب فيها البيانات الكتابية . كما يجب مراعاة الدقة من حيث تساوى المسافة بين الخطوط حتى لا تقترب من بعضها أحياناً وتتباعد عن بعضها أحياناً أخرى لأن المسافة هنا مرتبطة بمفتاح تظليل الخريطة نفسها .

ولتلافى هذا العيب يمكن استخدام مسطرة خاصة تعطينا نفس المسافة بين خطوط التظليل وهى تعرف باسم « Section Ruler » أو « Parallel Ruler » كما يمكن استخدام بعض اوراق السيلوفان المطبوعة والمعروفة باسم Zip - a - tone حيث نجد كل التظليلات الممكنة والدقيقة جداً مرسومة عليها .

## الأشكال التضاريسية الرئيسية

يمكن التعرف على المظاهر التضاريسية الرئيسية من تحليل الخرائط الكنتورية تبعاً لما يوضحه لنا شكل خطوطها . لأن استخراج مثل هذه الأشكال التضاريسية من الخريطة قد يوحى للدارسين بعلاقات وانطباعات ما كان من السهل عليهم الوصول إليها إلا من القراءة الكثيرة التى لا يمكن استيعابها بدورها إلا بمساعدة خريطة جيدة الصنع .

وكما أن القارىء المدرب على قراءة المطبوعات يستطيع أن يستوعب كلمات أو جملا

بأكملها بنظرة خاطفة فكذلك يستطيع قارىء الخرائط المدرب أن يستخلص بسرعة المظاهر التضاريسية الرئيسية التى توضحها الخريطة الكنتورية من واقع الشكل الذى تتخذه خطوط الكنتور ومن واقع تصوره للقطاعات التضاريسية لهذه الخطوط من زواياها المختلفة .

وخير طريق لذلك أن نتتبع وندرس على حدة الفئات المختلفة من المظاهر التى تبينها الخريطة كالخطوط الكنتورية والمجارى المائيــة . . . الخ ، ثم نقارن ذلك بالقطاعات التضاريسية لنفس الخريطة من عدة زوايا وإذا كان هذا عملا مضنيا فإن هذه هى الطريقة الوحيدة التى توضح أن النظرة العابرة للخريطة لا تنقل صورة الكل بل صورة أجزائها المتعاقبة .

وتعطى الخطوط الكنتورية صورة بيانية واضحة ، وتثير التفكير بأن ذلك التمثيل الكارتوجرافى المحدود هو كل ما تقصد « الخريطة الطبوغرافية » أن توضحه . لأن محاولة إضافة معلومات جديدة خاصة بالمظاهر الحضارية Cultural Features من شأنها على الأقل أن تعمل على اضطراب الصورة الطبيعيــة وإن كانت فى أسوأ الأحوال تخفى هذه المظاهر إخفاء تاماً تقريبا .

واستخلاص الأشكال التضاريسية الرئيسيــة من الخرائط الكنتورية على أبسط المستويات إنما يعنى بالمعنى الجغرافى تماما ، تدريب فى الترجمة من اللغة الكارتوجرافيــة « الأجنبية » إلى اللغة العربية ، ولا تزيد المهمة تشويقا وصعوبة إلا حين يقصد أن يشمل الوصف التفسير إلى جانب الترجمة .

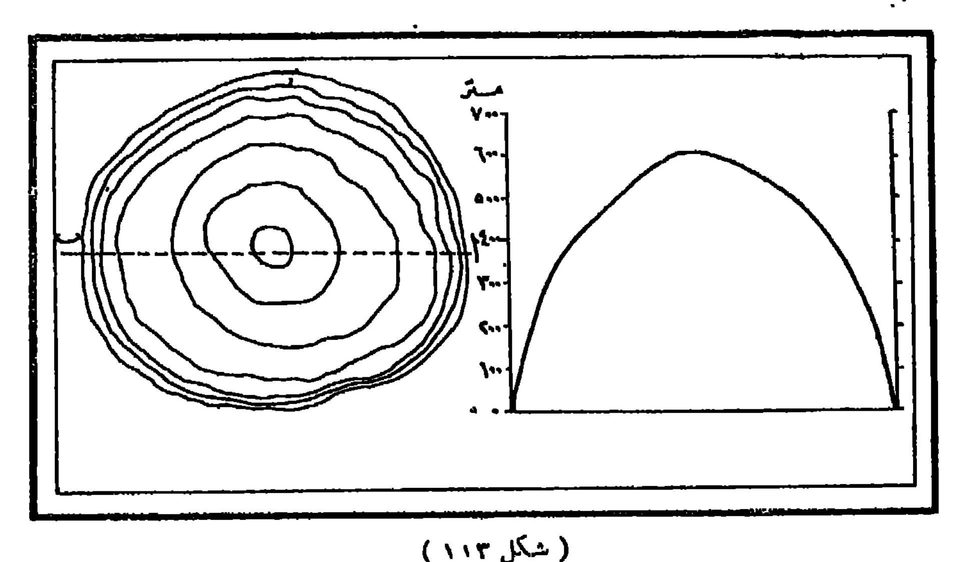
ولكن محاولتنا تفسير الأنماط التى نتبينها من الخريطة يتوقف على عاملين متغيرين هما : جودة الخريطة ومعلوماتنا السابقة عن المنطقة التى توضحها الخريطة فلا يمكن أن نحصل من خريطة رديئة لمنطقة مجهولة تماما لنا على أكثر مما هو مثبت فى الخريطة . فإذا لم يكن لنا معرفة سابقة بأقاليم مماثلة فإن النتائج ستظل قاصرة على الترجمة .

والواقع أننا لو قارنا بين ماتوصلنا إليه من أوصاف للمنطقة من واقع الخريطة الكنتورية وبين مشاهدتنا للمنطقة بأنفسنا سنكتشف على التو نقطتين هامتين : أولهما أن الخريطة صورة ناقصة للطبيعة تترك الكثير للخيال ، والأمر الثانى هو أن الخريطة تبرز فوراً أنماطاً تغفلها دراستنا على الطبيعة .

وعلى ذلك فإن معرفتنا للأنماط الرئيسية لشكل خطوط الكنتور وقطاعاتها التضاريسية يمكن أن يساعدنا كثيراً على دراسة الخرائط الكنتورية وتحليلها . وفيما يلي أهم هذه المظاهر : —

١ — التل القبابي : Domic Hill .

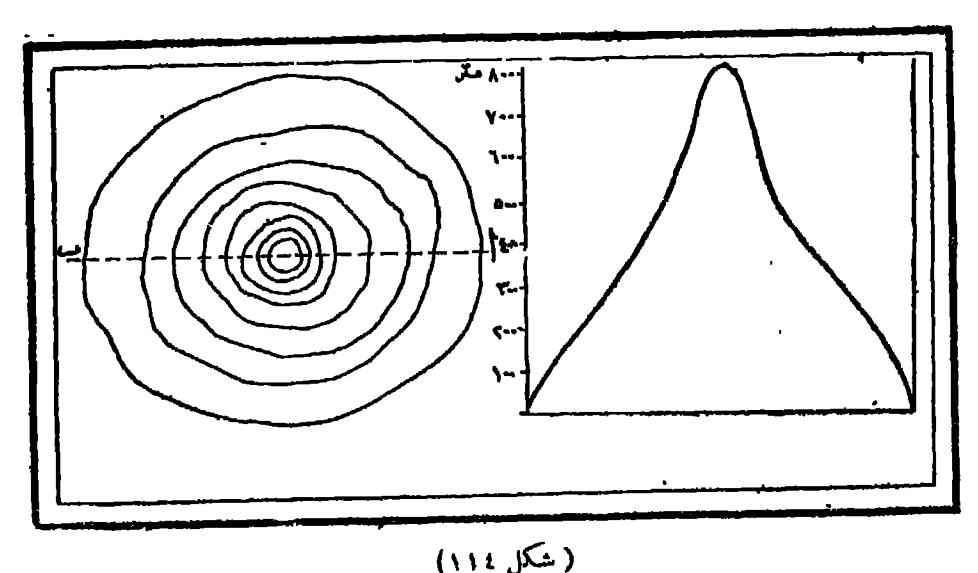
عبارة عن تل مرتفع جوانبه محدبة الانحدار أي يبدأ انحداره من أسفل بانحدار شديد ثم ينتهي من أعلى بانحدار خفيف ، ويمكن معرفة شكله من الخريطة من تقارب خطوط الكنتور المنخفضة وتباعد الكنتورات المرتفعة . ولو أنشأنا قطاعا على طول الخط ( ا ب ) بالخريطة الكنتورية التي يوضحها ( الشكل ١١٣ ) فإن شكل القطاع يعكس هذه الخاصية المحدبة للانحدار :




( شكل ١١٣ )

٢ — التل المخروطي : Conic Hill

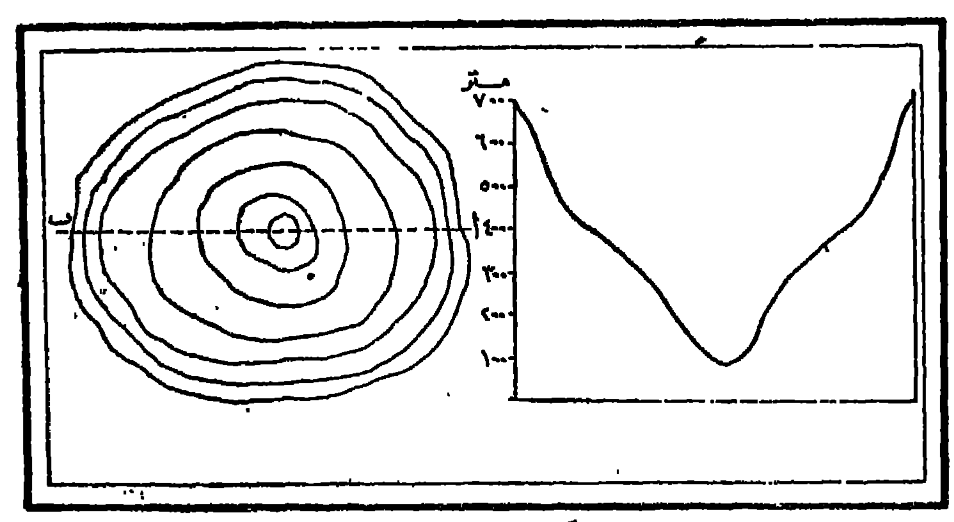
عبارة عن تل مرتفع تتخذ جوانبه شكل انحدار مقعر أي أن انحداره يبدأ من أسفل بانحدار خفيف ثم يأخذ التل في الارتفاع بانحدار أشد إلى أن ينتهي التل عند أعلى نقطة فيه بانحدار حاد . ويمكن معرفة شكل التل المخروطي من الخريطة من تقارب خطوط الكنتور عند القمة وتباعدها بالقرب من القاعدة . والقطاع التضاريسي الذي يرسم على طول الخط ( ا ب ) بالخريطة الكنتورية التي يوضحها ( الشكل ١١٤ ) يوضح الانحدار المقعر الذي تتخذه جوانب التل .




( شكل ١١٤ )

٣ — الانخفاض الحوضي : Basin

عبارة عن منطقة مرتفعة الجوانب ومنخفضة من الوسط وتتميز بنظام تصريف المياه الداخلى Inland drainage . ويمكن تمييز الحوض فى الخريطة من الشكل الدائرى الذى تتخذه خطوط الكنتور، فشكل خطوط الكنتور فى الانخفاض الحوضى شبيه بشكلها فى حالة التل القبابى، ولكن الفارق الأساسى هو أن انحدار خطوط الكنتور فى الحوض يعلو كلما خرجنا إلى الأطراف الخارجية للخطوط الكنتورية. والقطاع الناتج على طول الخط (ا ب) المرسوم على خريطة حوض ( شكل ١١٥ ) يوضح لنا أن الانحدار فى هذه الحالة عبارة عن انحدار مقعر ولكن بدلا

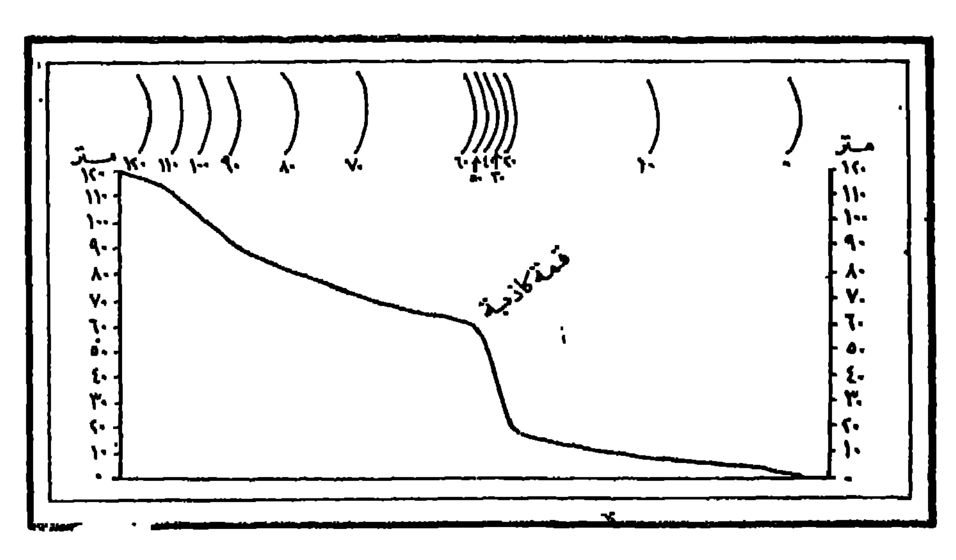



( شكل ١١٥ )

من أن يلتقى طرفاه المرتفعان وينتج عن التقائهما تل مخروطى ، يلتقى طرفاه المنخفضان وينتج عن هذا الالتقاء انخفاض حوضى .

٤ — القمة الكاذبة : False Crest

هى النقطة التى يتغير عندها الانحدار من انحدار خفيف إلى انحدار شديد . وبعد أن تكون خطوط الكنتور متباعدة نجدها تتقارب بشدة،ويظهر القطاع المرافق لشكل (١١٦) مثل هذه القمة .



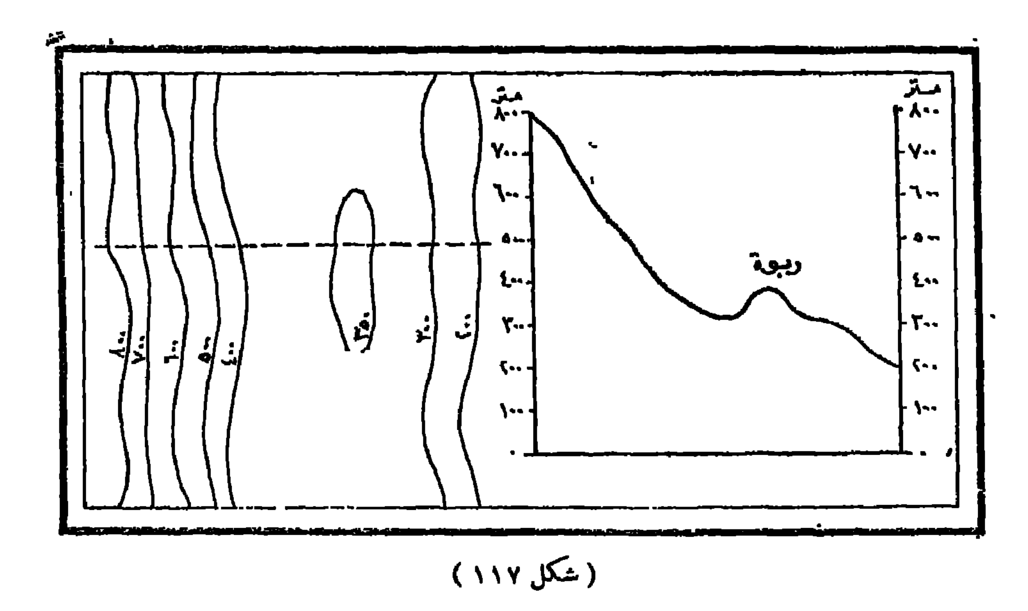

( شكل ١١٦ )

٥ — الربوة : Knoll

هى تل صغير ومنفصل نسبياً عن الأرض المجاورة له . وتظهر الخطوط الكنتورية للربوة مقفلة ومنفصلة ، ولا تكون قاعدة الربوة فى القطاع التضاريسى قريبة من سطح البحر بل أعلى من خط الكنتور المجاور لها ( شكل ١١٧ ) .

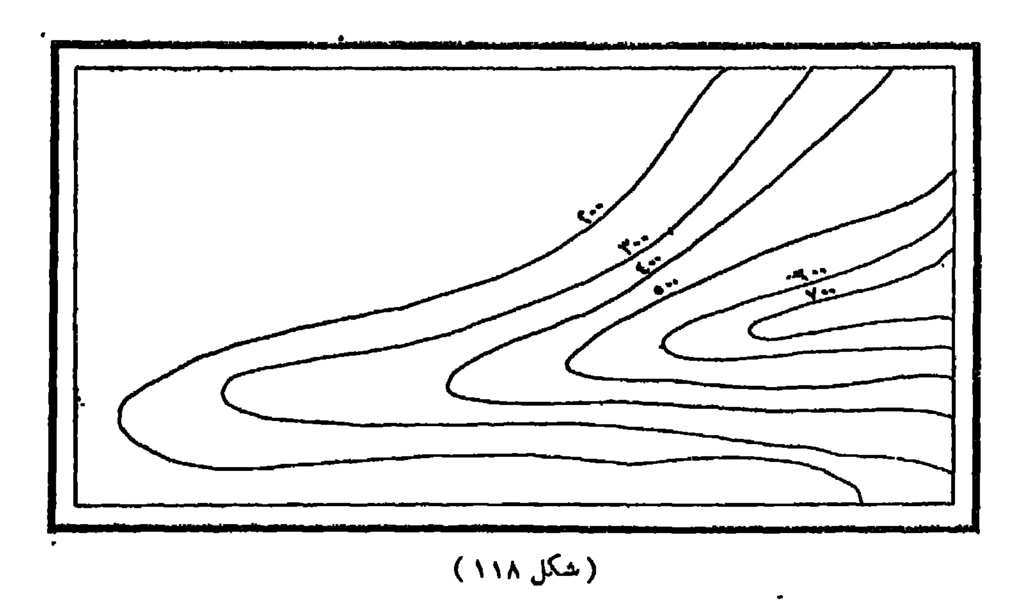
٦ — البروز : Salient of spur

هو امتداد ظاهر فى جانب التل أو الجبل ، فهو عبارة عن ظاهرة صغيرة Under feature متولدة عن ظاهرة أخرى رئيسية Main feature وهى التل أو الجبل . ويظهر هذا البروز فى




( شكل ١١٧ )

الخرائط الـكنتورية على شكل لسان من الأرض المرتفعة تندفع خطوطها الـكنتورية داخل الأراضى الأقل ارتفاعاً (شكل ١١٨) .

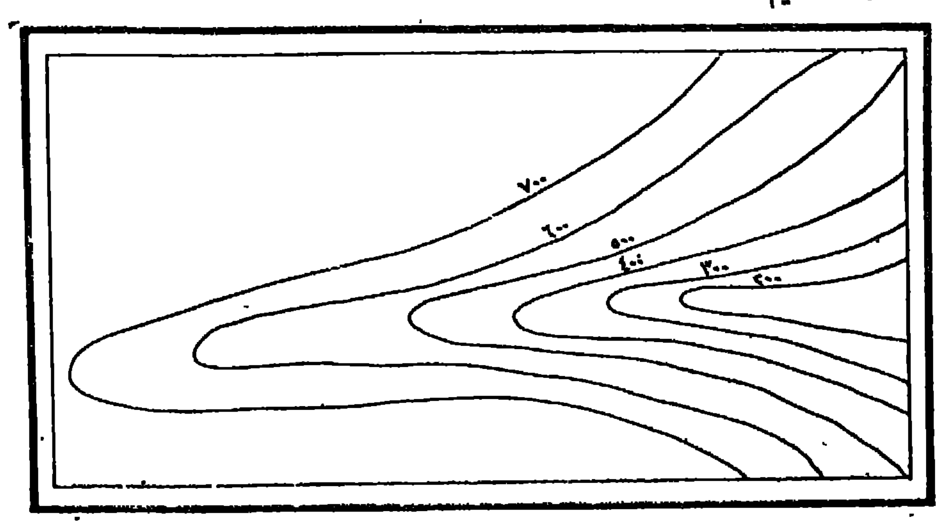


( شكل ١١٨ )

٧ — الثغرة : Re-entrant

هى ما يحدث من انحناء سطح المناطق المرتفعة داخل هيئتها الأصلية وتـكون الثغرة دائماً بين بروزين . ويبين الشكل (١١٩) الثغرة فى الخريطة الـكنتورية على شكل لسان من الأرض المنخفضة تندفـع خطوطها الـكنتورية داخـل الأراضى الأكثر ارتفاعاً . وشكل خطوط

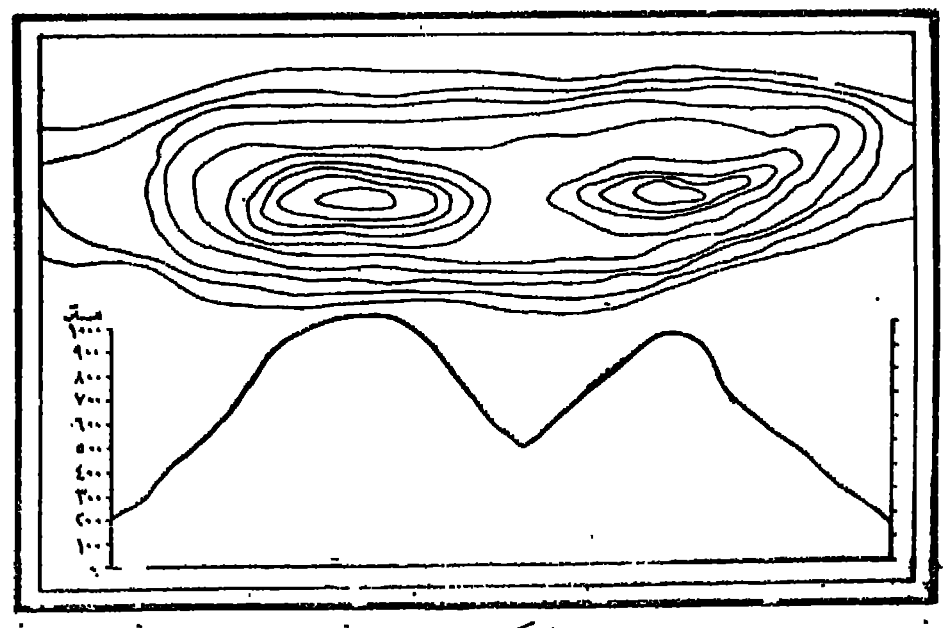
الكنتور فى كل من البروز والثغرة شكل واحد، ولكن الفارق بينهما هو طريقة ترقيم خطوط الكنتور، فالترقيم فى كل منهما معاكس للاخر.




(شكل ١١٩)

٨ — جبل ذو قمتين : —

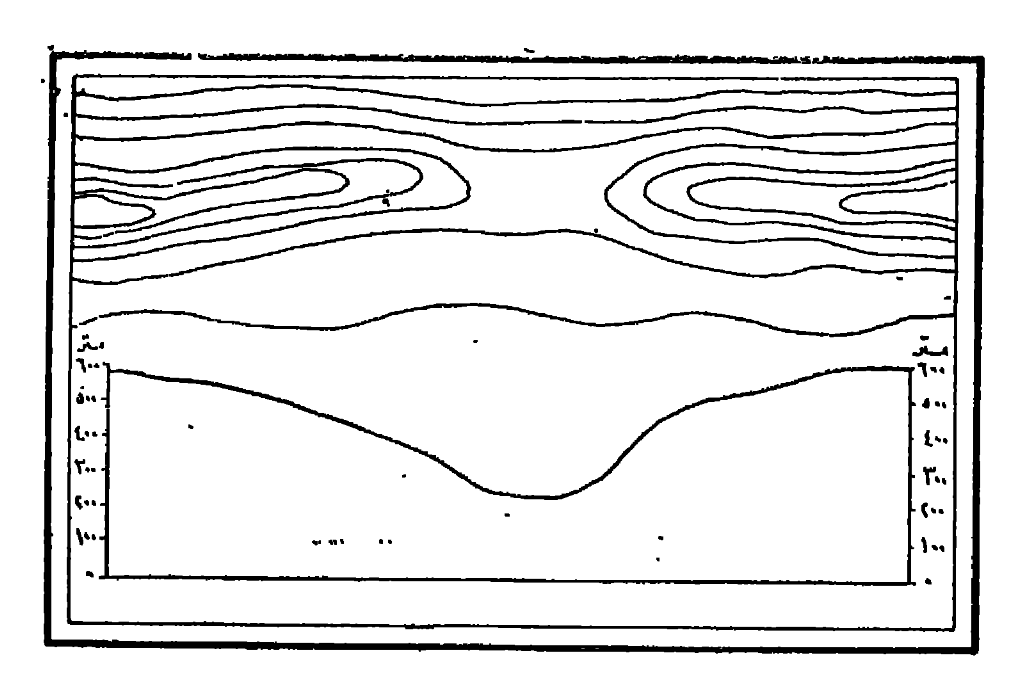
وهو عبارة عن جبل تظهر له قمتان تفصل كل منهما عن الأخرى رقبة « Saddle » أو «Col» وهى انخفاض بين قمتى الجبل. والرقبة تكون دائماً فى مستوى أوطأ من القمم التى تحيط بها، ولكنها تكون أعلى من السهول أو الوديان المجاورة لها .




(شكل ١٢٠)

٩ — المر الجبلى: Pass

هو عبارة عن منخفض من الأرض يقع بين منطقتين مرتفعتين وليس بين قمتين، ولهذا فإن المر الجبلى كما يبينه الشكل (١٢١) يحده فى الخريطة الكنتورية عادة خطى كنتور على منسوب واحد .



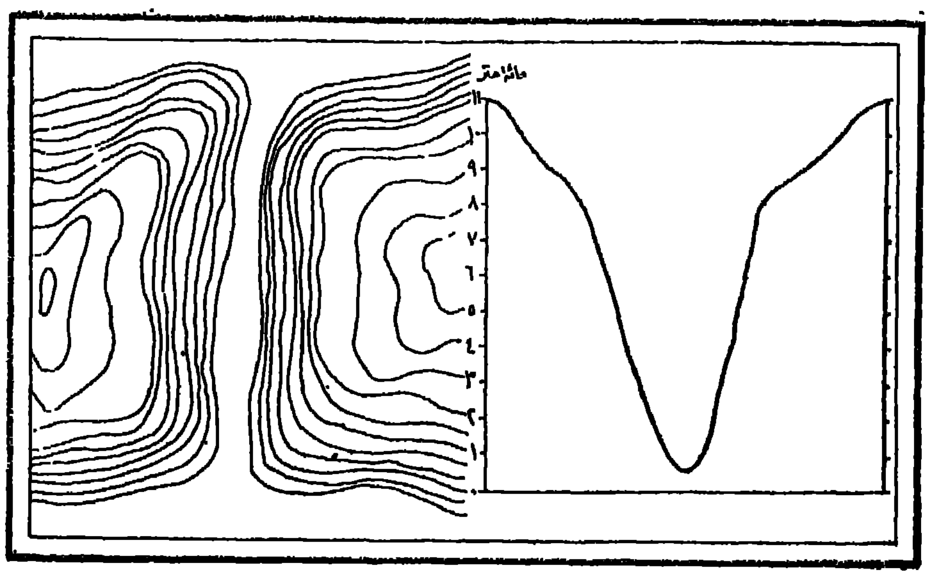

( شكل ١٢١ )

١٠ — الخانق: Gorge

وهو عبارة عن هوة عميقة تفصل بين مرتفعين قائمين تقريباً . وتظهر الخوانق (الشكل ١٢٢) على الخريطة الكنتورية على شكل خطوط تتقارب بشدة ويبلغ منسوب خطى الكنتور على جانبي الخانق منسوب واحد .

١١ — المضيق : Defile

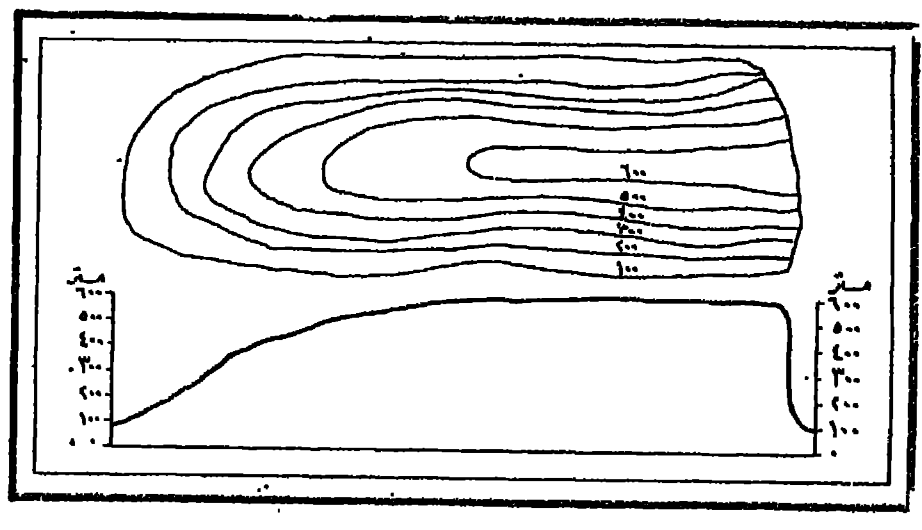
هو أى ظاهرة طبيعية أو صناعية ترغم أى مجموعة من الناس على تصغير واجهتهم العادية أثناء مرور هذه المجموعة منها فالمر الجبلى والرقبة والخانق ما هى إلا مضايق طبيعية أما الكبارى والطرق المنشأة فوق المستنقعات فهى أمثلة للمضايق الصناعية .




( شكل ١٢٢ )

١٢ — الجرف: Cliff

عبارة عن منطقة من الأرض تنخفض فجأة أى أن سطح الأرض ينحدر بزاوية قائمة ، وتتلاقى خطوط الكنتور كلها عند حافة الجرف كما هو واضح من الشكل (١٢٣) .




( شكل ١٢٣ )

١٣ — الوادى: Valley

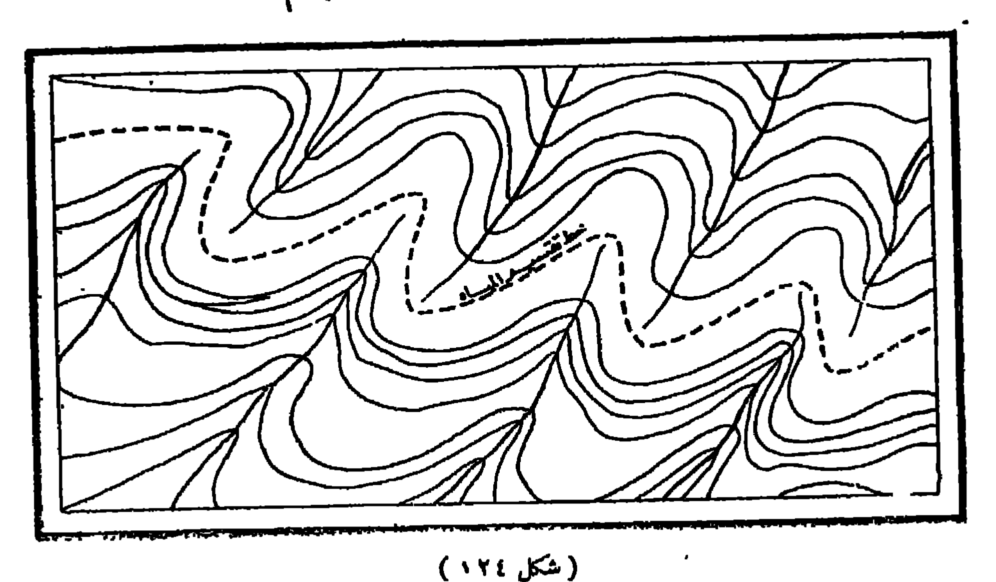
تظهر الأودية فى الخرائط الكنتورية على شكل خطوط كنتورية منحنية تتراجع دائماً نحو المنبع .

١٤ — مجرى الماء: Water - Course

هو الخط الذى يحدد أقل أجزاء الوادى انخفاضاً سواء كان به ماء أم لا .

١٥ — خط تقسيم المياه: Watershed

ويعرف هذا الخط أحيانا باسم «Waterdivide» أو «Waterparting» وهو يحدد أعلى منسوب فى المنطقة التى تمثلها الخريطة والتى تخترقها الأودية فهو إذن الأرض المرتفعة التى تفصل حوضى نهرين أو أعلى جزء فى الأرض حيث تتوزع المياه المتساقطة وتسير فى اتجاهين مختلفين . ومن هنا فإن هذا الخط يعرف فى الولايات المتحدة باسم Heights of land.



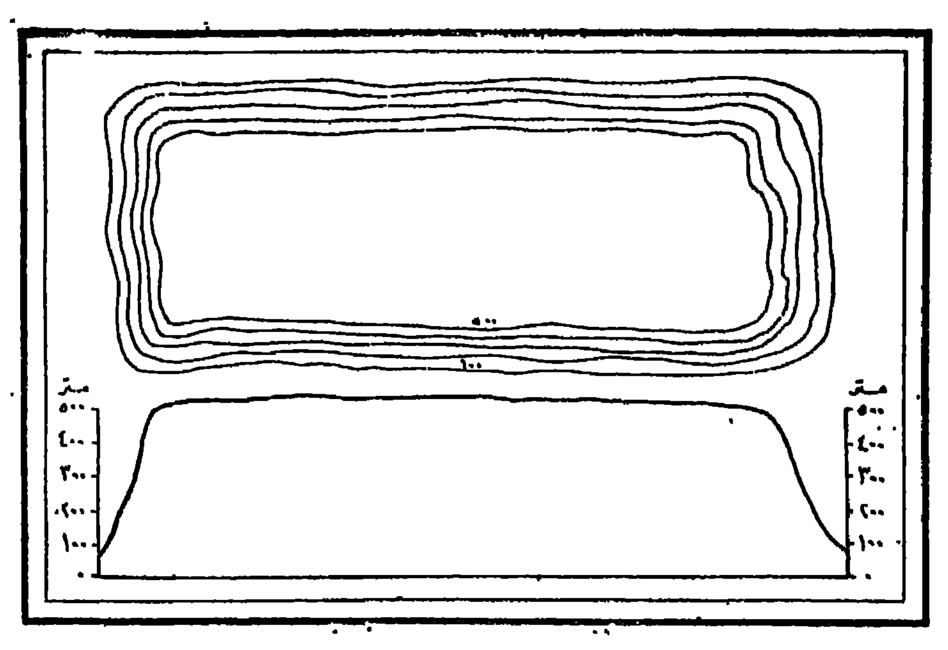

( شكل ١٢٤ )

١٦ — المضبة : Plateau

تشبه الجبل من حيث أنها منطقة مرتفعة ولكنها تختلف عنه من حيث أن قمتها مستوية مثل المائدة ومن هنا فإنها تعرف أحياناً باسم Tableland . ولهذا فإن الخريطة الكنتورية التى يبينها الشكل (١٢٥) والتى تمثل هضبة تخلو من الخطوط الكنتورية فى منطقة الوسط ولكنها تتقارب عند الأطراف المنخفضة . ويعكس قطاعها التضاريسى هذه الصورة بوضوح .

١٧ - مناطق خالية من خطوط الكنتور : No contours

قد تخلو الخريطة الطبوغرافية التى نتداولها من أية خطوط كنتورية ويرجع ذلك فى معظم الأحيان إلى أن الأرض فى المنطقة التى توضحها الخريطة تتخذ شكلا




( شكل ١٢٥ )

مسطحاً أى أن انحدارها لا يتعدى الفاصل الرأسى لخطوط الكنتور بالخريطة ، وتظهر هذه الظاهرة فى الخرائط الكبيرة القياس التى توضح سهولا فيضية Flood - Plains أو مستنقعات Marshlands أو دالات Deltas . . . الخ .

١٨ — أنماط غير مميزة : No distinctive pattern

فى أحيان قليلة لا توضح الخريطة الكنتورية نمطاً مميزاً من الأشكال التضاريسية المألوفة حينما يتميز سطح الأرض بتعاريج خفيفة Undulating grouud أو تعاريج عنيفة Hummochy نتيجة عمليات النحت والتعرية المتواصلة ، كما هو الحال فى السهول التحاتية Peneplains والركامات الأرضية Ground moraines مثلا .

# القطاعات التضاريسية

يقصد بكلمة قطاع Profile أو Section ذلك الخط البيانى الذى يقطع سطح الأرض رأسيا على محور معين ، وهو يوضح تدرج سطح الأرض بالنسبة لمستوى سطح البحر فيرتفع خط القطاع بارتفاع سطح الأرض من جبال وهضاب وغيرها وينخفض بانخفاضه فى مناطق السهول والوديان والأحواض .

ويمكن أن يتغير شكل القطاع فى المنطقة الواحدة بتغير المحور الذى يجرى رسم القطاع على طوله . فلو أننا أردنا رسم قطاع لأحد الأودية النهرية لأمكننا أن نحصل إما على قطاع طولى Longitudinal يعبر عن انحدار الوادى على سطح الأرض إبتداء من المنبع حتى المصب، أو على قطاع عرضى Transverse يمثل انحدار سطح الأرض من اليمين إلى اليسار عبر الوادى نفسه .

**طريقة رسم القطاع :**

ترسم القطاعات التضاريسية من واقع خريطة كنتورية بإحدى طريقتين :

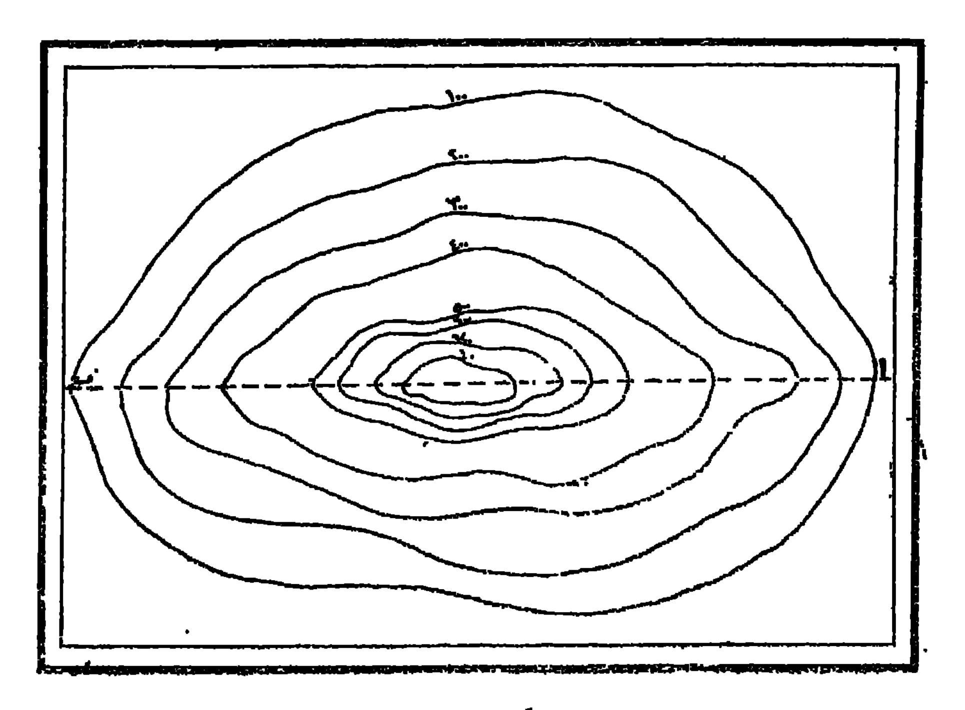
**الطريقة الأولى :**

١ — الشكل ( ١٢٦ ) يوضح خريطة كنتورية والمطلوب عمل قطاع تضاريسى بين نقطة ( ا ) ونقطة (ب) .

٢ — نرسم خطا على الخريطة الكنتورية نفسها على طول المنطقة المراد عمل القطاع عبرها أى على طول الخط ( ا ب ) .

٣ — نأتى بالورقة المطلوب رسم القطاع عليها ، ثم نرسم بها خطا أفقيا موازيا لخط القطاع المرسوم على الخريطة الكنتورية ليكون قاعدة للقطاع المطلوب رسمه .

٤ — نسقط على قاعدة القطاع أعمدة من النقط التى يتلاقى عندها الخط ا ب بالخطوط الكنتورية ثم ندون تحت كل عمود منها رقم الخط الكنتورى الذى أسقط منه .



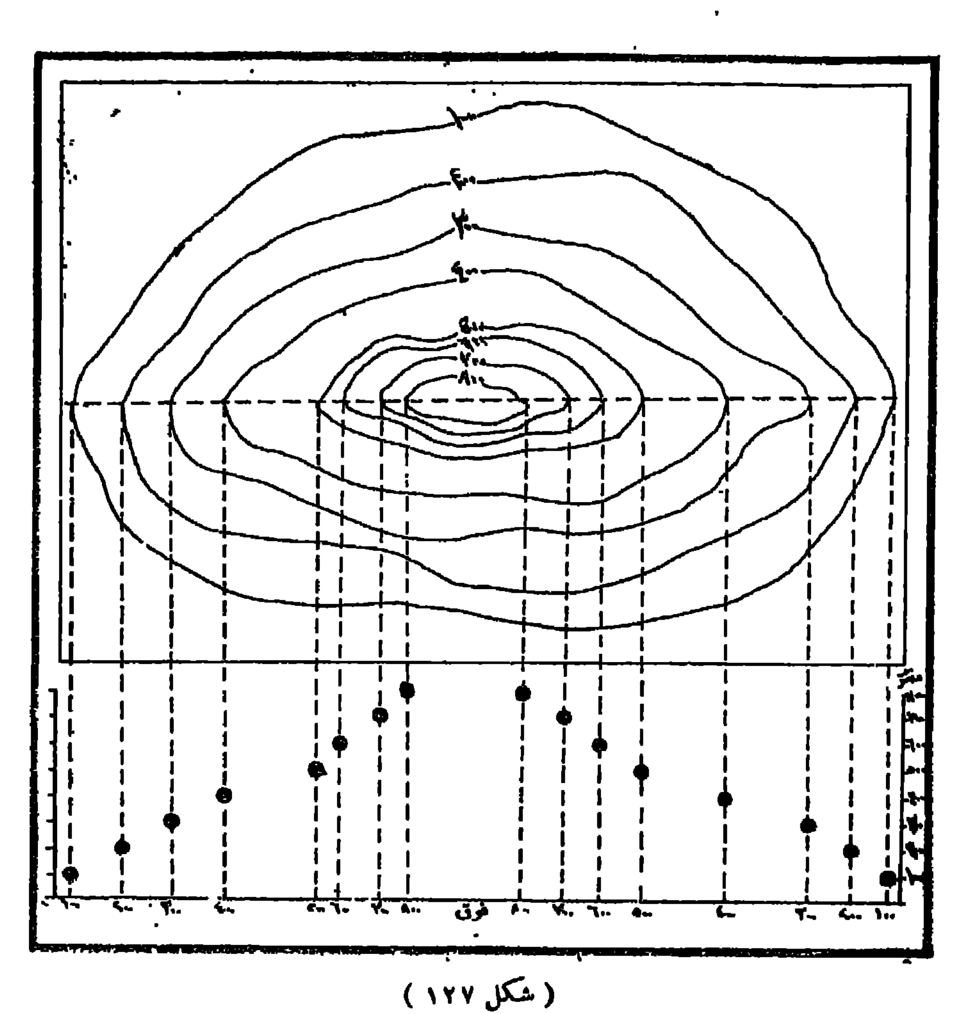

( شكل ١٢٦ )

الخريطة الـكنتورية وعليها الخط ( ا ب ) المطلوب رسم قطاع للمنطقة التى يجتازها

٥ — فى الحالة التى يتجاور فيها عمودان متساويان فى ارتفاعهما نكتب بين العمودين كلمة ( فوق ) إذا كانت المنطقة الواقعة بينهما أكثر ارتفاعاً منهما ( ونستدل على ذلك من الخريطة الـكنتورية نفسها ) ونـكتب كلمة ( تحت ) إذا كانت هذه المنطقة أقل ارتفاعاً منهما، حتى يتسنى لنا رسم القطاع بالدقة المطلوبة .

٦ — نرسم فى نهاية قاعدة القطاع محوراً رأسياً نحدد على طوله ارتفاع أجزاء القطاع. فيكون لدينا محورين : محوراً أفقياً وهو خط القطاع ومحوراً رأسياً نحدد على طوله الارتفـاعات .

٧ — نتخذ مقياس رسم مناسب للارتفاعات وليكن ٣ ملليمترات لـكل ١٠٠ متر ، ثم نعين على كل عمود نقطة تعلو عن القاعدة بمقدار يساوى الرقم المـكتوب تحته تبعاً للمقياس الرسم الذى نحدد على المحور الرأسي .




( شكل ١٢٧ )

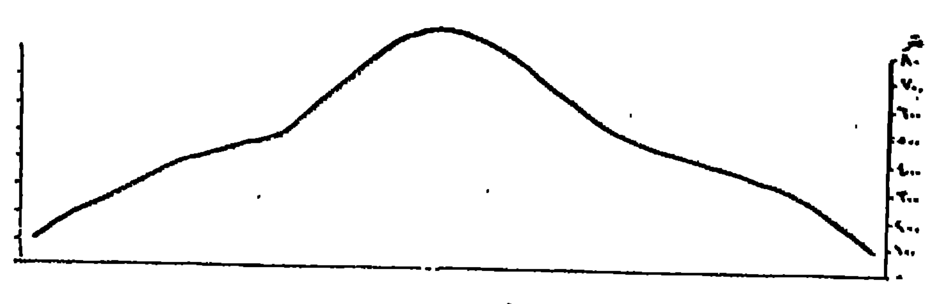
قاعدة القطاع وقد أسقطت عليها الأعمدة ودونت عليها أرقام خطوط الكنتور وعينت عليها النقط التي تتفق مع الرقم المدون تحت الأعمدة حسب مقياس الرسم

٨ — نصل النقط التي تحددت على طول الأعمدة ببعضها بخط منحنى بحيث يتقوس إلى أعلى بين العمودين المكتوب بينهما كلمة ( فوق ) ، وإلى أسفل بين العمودين المكتوب بينهما كلمة ( تحت ) فيكون هذا هو القطاع المطلوب .

(شكل ١٢٨)

شكل القطاع بعد توصيل النقط بخط منحنى

٩ — نحذف الأعمدة التى كنا قد أسقطناها من الخريطة الكنتورية فنحصل على الشكل النهائى للقطاع .

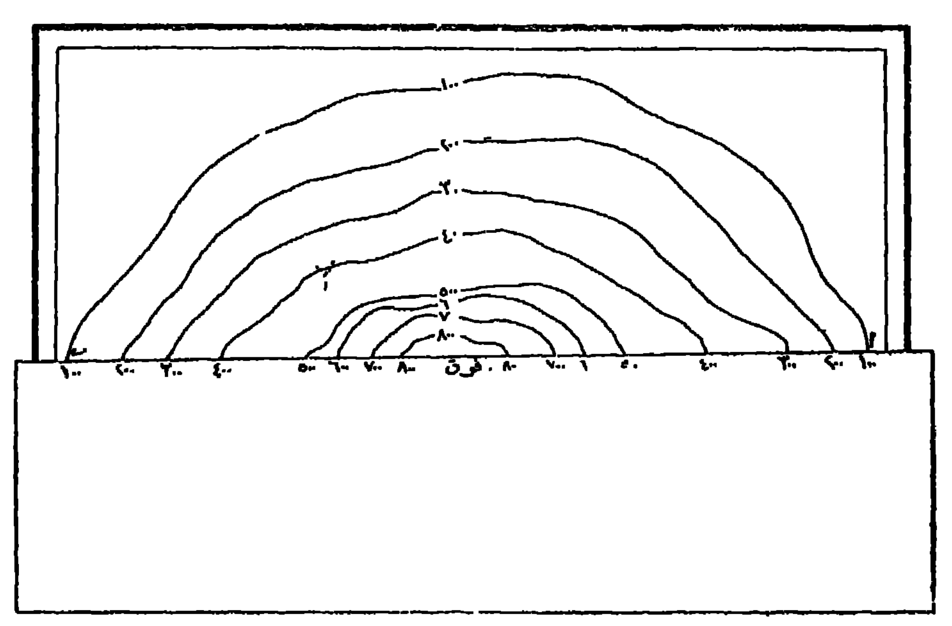



( شكل ١٢٩ )

الشكل النهائى للقطاع

الطريقة الثانية :

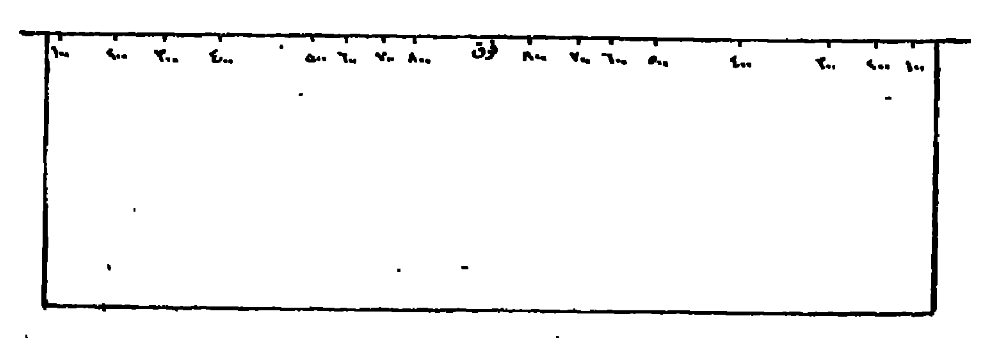
١ — نأتى بورقة ذات حافة مستقيمة ثم نضعها على الخريطة بحيث تنطبق حافتها المستقيمة على الخط المحدد لمحور القطاع على الخريطة الكنتورية أى على الخط (ا ب) .



( شكل ١٣٠ ) شكل الخريطة الكنتورية بعد أن وضعت الحافة المستقيمة للورقة على الخط (ا ب) ثم حددت عليها النقط وكتب عند كل نقطة رقم الخط الكنتورى الخاص بها

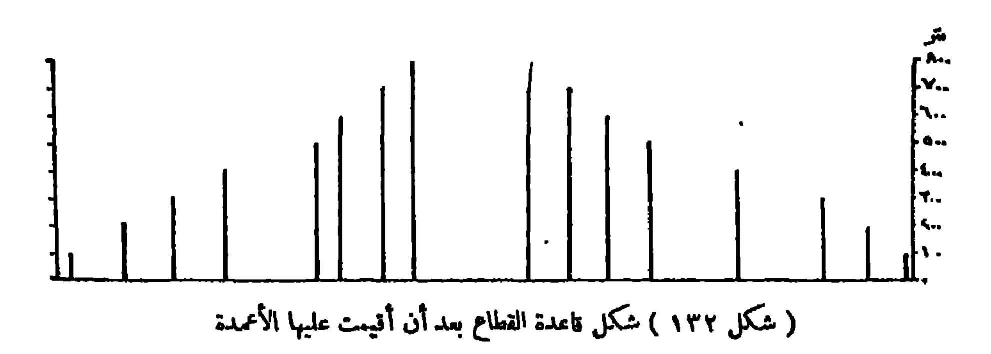
٢ — نحدد نقطاً بالقلم الرصاص على حافة الورقة عند النقط التى تتلاقى عندها حافة الورقة بالخطوط الكنتورية ونكتب عند كل نقطة رقم الخط الكنتورى الخاص بها .

٣ — نرسم فى ورقة أخرى خطاً مستقيماً تتخذه قاعدة للقطاع المطلوب ، ثم نطبق عليه حافة الورقة الأولى ، وننقل إليه النقط والأرقام الموجودة على الحافة .



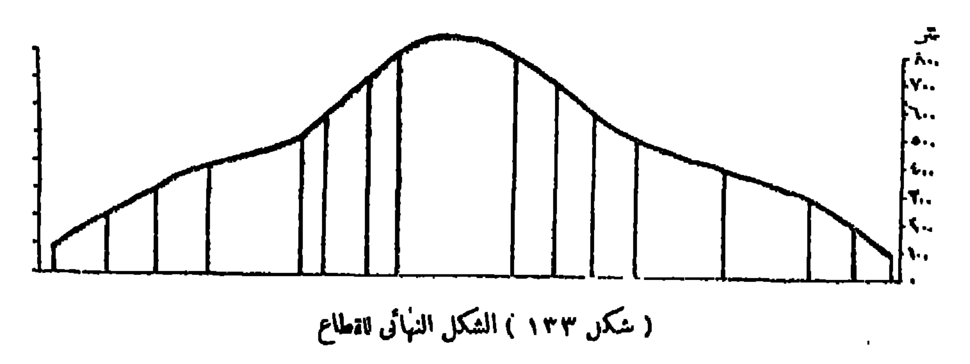
( شكل ١٣١ )
قاعدة القطاع بعد أن نقلت إليها النقط وارتفاعاتها

٤ — نقيم أعمدة من النقط المختلفة التى رسمناها على قاعدة القطاع ، بحيث يكون طول كل عمود مناسباً للرقم المدون تحت كل نقطة حسب مقياس الرسم المستخدم والذى يوضحه المحور الرأسى والذى سبق شرح طريقة إنشائه .




( شكل ١٣٢ ) شكل قاعدة القطاع بعد أن أقيمت عليها الأعمدة

٥ — نصل بين أطراف هذه الأعمدة بخط منحنى على النحو الذى اتبع فى الطريقة السابقة فيكون هذا هو خط القطاع .




( شكل ١٣٣ ) الشكل النهائى للقطاع

٦ — نحذف الأعمدة المقامة على المحور الأفقى .

ملاحظات :

١ — لابد أن تسود العلاقة بين المحور الأفقى والمحور الرأسى للقطاع التضاريسى نوع من المبالغة . إذ لو رسمنا المحور الرأسى للقطاع بنفس مقياس الرسم الذى نرسم به المحور الأفقى لبدت القطاعات التضاريسية على شكل خطوط مستقيمة لاتوضح أية تفاصيل عن ارتفاع أو انخفاض سطح الأرض ، فلا بد أن يختلف القياسان وعادة مايكون المقياس الافقى هو نفسه مقياس رسم الخريطة ، بينما نبالغ فى المقياس الرأسى حتى تظهر الذبذبات الموجودة فى سطح الأرض .

فلو كان القياس الأفقى Horizontal scale ( وهو مقياس رسم الخريطة ) للقطـــاع ١ / ١٢٥,٠٠٠ والقياس الرأسى Vertical scale ١ / ٢٥,٠٠٠ فإن هذه العلاقة التى نريد الوصول إليها تسمى بالمبالغة الرأسية Vertical exaggeration لأننا نرسم المحور الأفقى كما هو بينما نبالغ فى المحور الرأسى .

وحساب المبالغة الرأسية يكون كالآتى :

$$\text{المبالغة الرأسية} = \frac{\text{القياس الرأسى}}{\text{القياس الأفقى}}$$

$$= \frac{\frac{\text{١}}{\text{١٢٥,٠٠٠}}}{\frac{\text{١}}{\text{٢٥,٠٠٠}}}$$

$$= \frac{\text{١٢٥,٠٠٠}}{\text{٢٥,٠٠٠}}$$

$$= \text{٥}$$

أى أننا نكون قد بالغنا فى القياس الرأسى وجعلناه خمسة أضعاف القياس الأفقى حتى تظهر الذبذبات الموجودة فى سطح الأرض .

وإذا كان خط القطاع طويلا كأن يبلغ طوله نصف متر مثلا وأردنا اختصاره للنصف فيجب أن نلاحظ أن القياس الأفقى سيتغير ويصبح فى حالتنا هذه مثلا :

$$\frac{\text{١}}{\text{١٢٥,٠٠٠}} \times \frac{\text{١}}{\text{٢}} = \frac{\text{١}}{\text{٢٥٠,٠٠٠}}$$

فإذا ظل القياس الرأسى كما هو بدون تغيير فإن المبالغة الرأسية ستتغير :

$$\text{المبالغة الرأسية} = \frac{\frac{\text{١}}{\text{٢٥,٠٠٠}}}{\frac{\text{١}}{\text{٢٥٠,٠٠٠}}}$$

$$= \frac{\text{٢٥٠,٠٠٠}}{\text{٢٥,٠٠٠}}$$

$$= \text{١٠}$$

أى أنه يمكننا تحقيق المبالغة الرأسية إما عن طريق تكبير المقاس الرأسى مع الاحتفاظ بالمقياس الأفقى بدون تغيير — وهذا هو الشائع والأدق — وإما جعل المقياس الرأسى هو نفسه مقياس رسم الخريطة واختصار طول خط قاعدة القطاع وما يتبع ذلك من تغيير مقياس الرسم الأفقى . ولكن الحالة الثانية لا تستخدم إلا إذا كان خط القاعدة أطول من الورق المخصص لرسم القطاع . وفى هذه الحالة لا تتم عملية الاختصار هذه إلا بعد إسقاط الأعمدة من الخريطة الكنتورية على خط القاعدة ثم تختصر المسافات الموجودة بين هذه الأعمدة بنفس نسبة التصغير المطلوبة .

٢ — يمكن أن نستخدم ورق مربعات بدلا من الورق العادى فى رسم القطاعات، لأن طبيعة هذا الورق تسهل لنا عمليات إسقاط الأعمدة أو رسم المحور الرأسى وتحديد نقط الارتفاعات عليه . بل إن استخدم هذا الورق يعفينا من مهمة إسقاط الأعمدة على خط القطاع إذ يكفى أن ترسم المحورين الأفقى والرأسى ونضع نقط تقاطع خط القطاع مع خطوط الكنتور على خط قاعدة القطاع . بعد ذلك لا ترسم أعمدة بل يكفى أن نضع علامة عند التقاء المحور الأفقى والرأسى لكل نقطة منها . وبتوصيل هذه العلامات ببعضها نحصل على القطاع المطلوب .

٣ — يجب أن يبدأ القطاع من النقطة الصحيحة للارتفاع حتى لو كانت هذه النقطة بين ارتفاعين على المحور الرأسى .

٤ — ترسم قمم المرتفعات بدقة حتى تظهر لنا بشكلها الحقيقى، وعما إذا كانت مدببة Peaked أو مسطحة Flattened .

٥ — بعد تحبير القطاع نكتب على الثنيات السلبية والايجابية الأسماء الدالة عليها مثل نهر النيل—بحيرة قارون — جبل كذا — منخفض كذا .... الخ وتكتب هذه البيانات بطريقة متعامدة على القطاع .

٦ — يجب أن يكتب توجيه القطاع Orientatiou على طرفى القطاع كأن نكتب على أحد طرفيه شمالى شرقى وعلى الطرف الآخر جنوبى غربى أو نكتب على طرف « ا » وعلى الطرف الآخر « ب » حتى يمكن معرفة التوجيه الصحيح للقطاع .

٧ - أخيراً نكتب تحت القطاع قيمة المبالغة الرأسية التي لا يجب أن نبالغ فيها كثيراً حتى لا تظهر الذبذبات الصغيرة على شكل قمم مرتفعة ولا نقلل مقدارها حتى لا تضيع التفاصيل الخفيفة فى سطح الأرض .

## أنواع القطاعات التضاريسية

للقطاعات التضاريسية بالشكل الذى بيناه فوائد عديدة تعجز الخرائط الكنتورية عن توضيحها وهى تشكل فى نفس الوقت الأساس الذى تقوم عليه أنواع أخرى من القطاعات تخدم أغراضاً دراسية عديدة . وأهم هذه القطاعات ما يلى :

١ — قطاعات متسلسلة : Serial profiles

تقوم فكرة القطاعات المتسلسلة على رسم مجموعة من القطاعات العادية بنفس الطريقة السابقة.فإذا أردنا أن نتبين التغيرات الرئيسية فى منطقة يخترقها أحد الأودية النهرية مثلا ، فإننا ننشيء سلسلة من القطاعات على طول هذا الوادى فى أماكن مختلفة من مجراه . فإذا رسمنا هذه السلسلة من القطاعات تبدأ من منبع النهر حتى مصبه ، فيظهر القطاع الأول الذى يقطع الوادى عند المنبع على شكل V ثم يبدأ قاع الوادى يتغير حتى نجد القطاع الأخير يأخذ شكل U بفعل عمليات النحت الجانبي المستمر .

ولا نرسم القطاعات المتسلسلة منفردة بل يضمها كلها شكل بيانى واحد ، نرتب فيه القطاعات تبعاً لترتيبها على الطبيعة .

فلو أنشأنا مجموعة من القطاعات المتسلسلة فى مصر على طول خطوط العرض الرئيسية إبتداء من خط عرض ٢٢° حتى خط عرض ٣١° مثلا ثم رتبنا هذه القطاعات فى رسم بيانى واحد يضمها كلها فإننا نحصل على « قطاعات متسلسلة » لوادى النيل فى مصر .

كما يمكن إنشاء قطاعات متسلسلة تبين طبيعة تركيب السواحل،ويمكن منها أن نستدل على العوامل المختلفة التى تلعب دوراً ملحوظاً فى تشكيل هذه السواحل وتزيد قيمة هذه القطاعات إذا صاحبتها خريطة كنتورية لنفس المنطقة ، فإن فائدتها فى هذه الحالة لا يمكن التقليل منها .

٢ — القطاعات العرضية للأودية النهرية: Valley cross-sections

لا تختلف طريقة رسم هذه القطاعات من طريقة رسم القطاعات المتسلسلة من حيث أن الخطوط التي ترسم على طولها القطاعات العرضية للأودية النهرية تكون قاطعة أى عمودية على اتجاهات هذه الأودية .

ويمكن اختيار هذه القطاعات بحيث تعطى صورة عن أجزاء الوادى المختلفة ( العليا والوسطى والدنيا ) . أى أننا نرسم قطاعاً عرضياً للمجرى الأعلى للنهر وقطاعاً ثانياً للمجرى الأوسط وقطاعاً ثالثاً عبر المجرى الأدنى للنهر ، فإن هذه القطاعات الثلاثة تساعدنا على دراسة طبيعة النحت والارساب فى النهر ومعرفة المرحلة التى يمر بها النهر .

وطريقة رسم كل قطاع من هـذه القطاعات الثلاثة هى نفسها طريقة رسم القطاعات العادية .

٣ — قطاعات أراضى ما بين الأودية : Interfluve profiles

قطاعات أراضى ما بين الأودية عبارة عن قطاعات تضاريسية للأعمدة الفقرية لأراضى مابين الأودية أى أنها قطاعات تضاريسية لخطوط تقسيم المياه .

وهذه القطاعات إما أن ترسم فوق بعضها وإما أن يوضع كل قطاع حسب مكانه على الخريطة فتظهر القطاعات مرتبة بشكل يعطى شكل الوادى أو المنطقة على الطبيعة .

وتعطينا هذه القطاعات صورة لعنصرى سطح الأرض وهما الإستواء والانحدار ، كما أنها تعطينا صورة لتتابع مراحل التجديد أى لهبوط مستوى القاعدة .

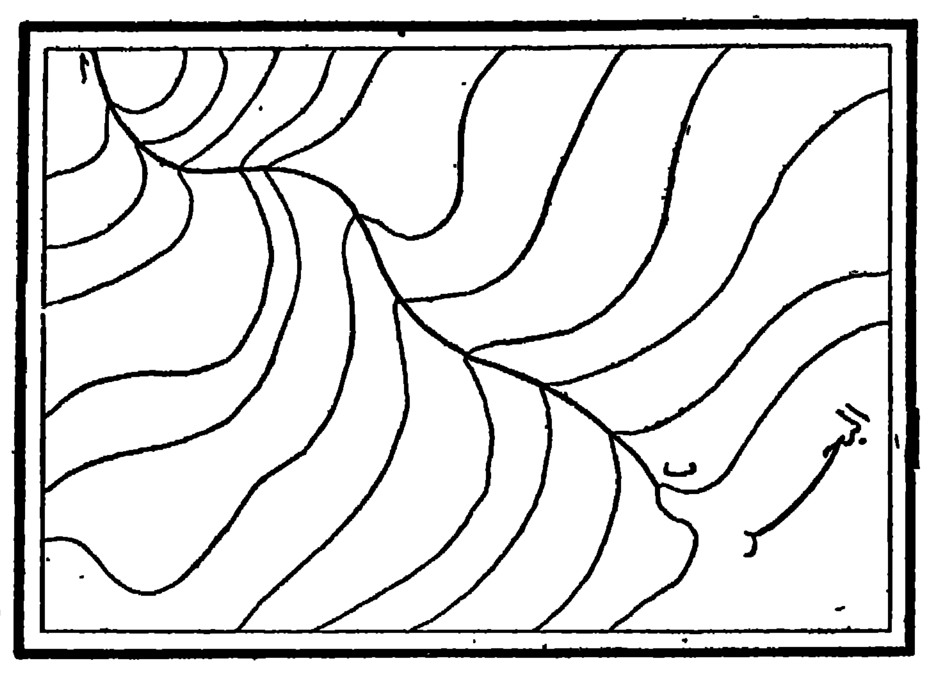
٤ — القطاعات الطولية : Longitudinal profiles

طريقة رسم هـذه القطاعات لا تختلف عن طريقة رسم قطاعات أراضى ما بين الأودية إلا أن هذه القطاعات تتبع بطون الأودية Valley floors بدلا من أن تتبع الأعمدة الفقرية للأراضى المرتفعة Interfluve crests . ولكن القطاعات الطولية لا تقتصر على توضيح ظاهرات مائية فقط . بل قد نحتاج إلى إنشاء قطاعات طولية للطرق البرية وخطوط السكك الحديدية . . . الخ .

ويستخدم فى رسم القطاعات الطولية مقسم Divider نستخدمه فى فرد النهر أو الخط

الحديدى أو الطريق بين خطوط الكنتور ونسقطه على قاعدة القطاع. وطريقة رسم القطاعات الطولية على النحو التالى إذا كان المطلوب رسم قطاع طولى للنهر (اب) :

(ا) نرسم خطاً أفقياً فى الورقة المخصصة لرسم القطاع ليكون هذا الخط هو خط قاعدة القطاع .




( شكل ١٣٤ )

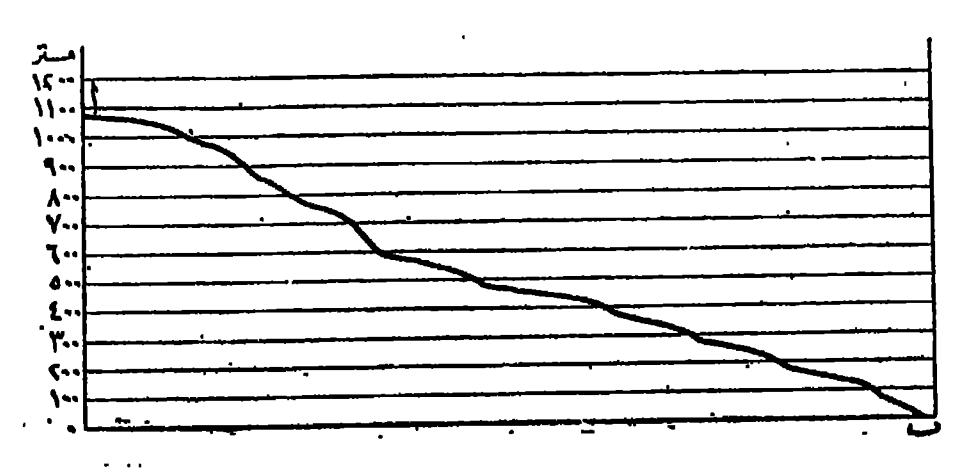
(ب) نرسم فى نهاية هذا الخط من أحد طرفيه خطاً رأسياً يتعامد على خط القطاع نحدد عليه الارتفاعات التى توضحها الخريطة الكنتورية . والمحور الرأسى فى القطاع الطولى يكون على طرف واحد من القطاع لحين الانتهاء من رسم القطاع فنحدد المحور الآخر ، لأن طول خط القاعدة ليس هو المسافة المباشرة بين نقطتى ا، ب ولكنه طول النهر نفسه .

(ح) يرسم المحور الرأسى السابق بنوع من المبالغة أيضاً ، أى لا يتساوى مقياس الرسم فى كل من المحورين .

(د) نستخدم مقسماً Divider بفتحة صغيرة ولتكن ٢ ملليمتر ، ونضع المقسم عند بداية النهر وننقله فوق خط النهر من مبدئه إلى التقائه بأول خط كنتور ١٠٠٠ متر ، ثم نحصى عدد هذه الدورات ولتكن عشر دورات أى ٢ سم .

(هـ) نضع على المحور الرأسى عند ارتفاع ١٠٠٠ متر نقطة أو علامة تبعد عن هذا المحور بمسافة ٢ سم .

(و) نستكمل عملية نقل القسم على طول مجرى النهر حتى التقائه بالخط الكنتورى التالى وهو خط كنتور ٩٠٠متر ، ولتكن هذه المسافة ٤ دورات أى ٨ ملليمترات ، فتكون المسافة بين المحور الرأسى وبين خط التقاء النهر بالارتفاع ٩٠٠ هو ٨ ملليمترات مضافة إلى السنتيمترين السابقين،أى أننا نضع علامة عند ارتفاع ٩٠٠ تبعد عن المحور الرأسى بمقدار ٢٨ ملليمتراً .




(شكل ١٣٥ ) قطاع طولى النهر

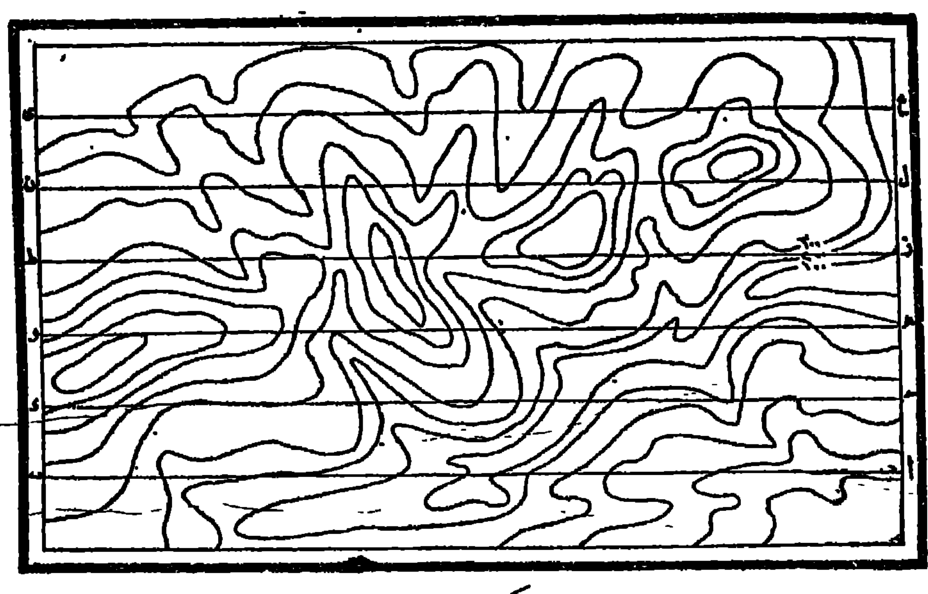
(ز) نستمر فى هذه العملية حتى نهاية النهر .

(ط) نوصل بين هذه النقط بخط منحنى فنحصل فى النهاية على القطاع الطولى للنهر . وفى الطرق والسكك الحديدية تتبع نفس الطريقة أى لا بد من إنشاء قطاع طولى للمنطقة التى سيخترقها الطريق قبل إنشاء الطريق نفسه ،ثم يتم إنشاء خط حذف وإضافة Cut and Fill line لمعرفة الفرق بين المناطق المرتفعة والمنخفضة . فإذا كانت المناطق المرتفعة مساوية للمناطق المنخفضة أنشىء الطريق وإلا حددت المواضع الواجب إنشاء بعض الكبارى عندها.

٥ — القطاعات المتداخلة : Superimposed profiles

لرسم القطاعات المتداخلة نتبع الخطوات الآتية :

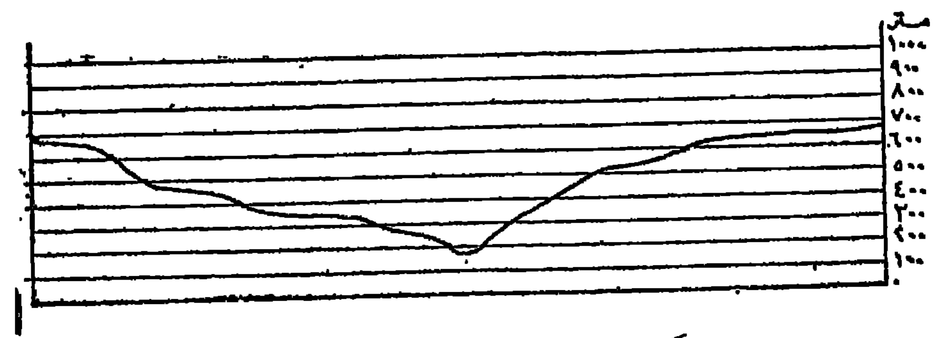
الشكل (١٣٦) يبين خريطة كنتورية بفاصل رأسى قدره مائة متر وأقصى ارتفاع يبلغ ١٠٠٠ متر . والمطلوب رسم مجموعة من القطاعات المتداخلة لهذه الخريطة .




( شكل ١٣٦ )

(ا) نقسم الخريطة إلى أقسام متساوية بواسطة خطوط مستقيمة موازية لبعضها قاطعة للخطوط الكنتورية المختلفة الارتفاع مثل الخطوط : ا ب ، حـ د ، هـ و ، ز ط ، ل ن ، ع ى .

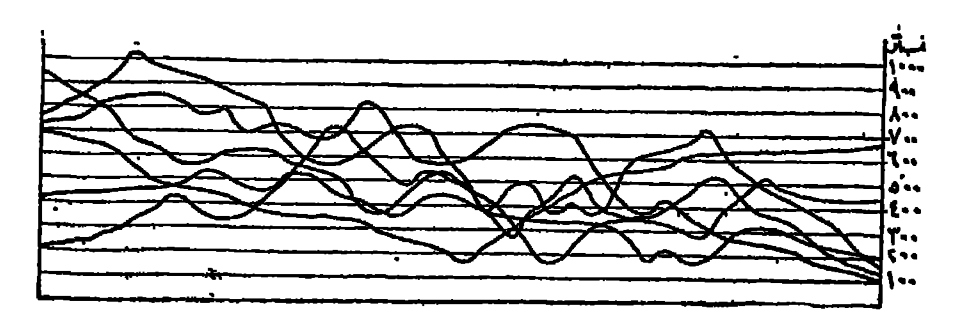
(ب) نرسم قطاعاً تضاريسياً على طول كل خط من هذه الخطوط المستقيمة ( خطوط القطاعات ). فمثلا الشكل (١٣٧) يوضح قطاعاً تضاريسياً للخط الأول أى للخط (ا ب).




( شكل ١٣٧ ) قطاع تضاريسى على طول الخط ا ب

( حـ ) بنفس الطريقة نرسم قطاعات تضاريسية لبقية الخطوط القاطعة ، أى أن يصبح لدينا فى هذه الخريطة ستة قطاعات .

( د ) نطبق هذه القطاعات فوق بعضها بتوحيد خط القاعدة لها جميعها ، فنحصل على مجموعة القطاعات المتداخلة للخريطة والتى يوضحها الشكل ( ١٣٨ ) .




(شكل ١٣٨)

(هـ) يلاحظ فى هذه الطريقة أن الأجزاء المرتفعة من القطاع الأول لا تخفى الأجزاء المنخفضة للقطاعات التى تليه . ومن ثم فإن هذه القطاعات تعطينا صورة لكل أجزاء سطح الأرض التى تمر بها خطوط القطاعات ، كما لو كانت أجزاء سطح الأرض بهـذه المنطقة تتصف بالشفافية .

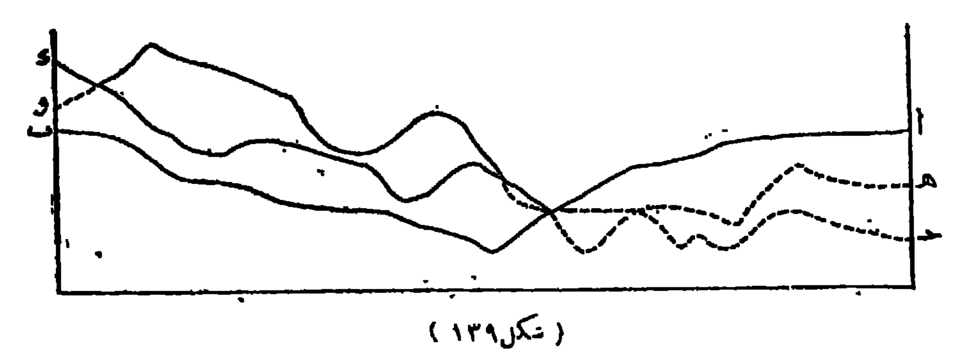
(و) تعطينا هذه الطريقة صورة عن علاقة مستوى سطح الأرض بمستوى القاعدة ، كما يمكن تفسير هذه القطاعات تفسيراً صحيحاً إذا ما وضعت عليها التكوينات الجيولوجية . كما تتميز هذه الطريقة بأنها لاتظهر الأجزاء المنخفضة من سطح الأرض أى بطون الأودية .

٦ — القطاعات البانورامية: Projected profi les

من العيوب الأساسية فى القطاعات المتداخلة أنها تعطينا مجموعة من القطاعات المعقدة ليس من السهل تفسيرها . ولكن يمكن الاستفادة بنفس فكرة القطاعات المتداخلة فى رسم قطاعات تعطينا إحساسا بالمنظر العام للأرض Panoramic effect. وطريقة إنشاء هذه القطاعات كما يلى :—

(أ) لرسم القطاعات البانورامية للشكل (١٣٦) فإننا نرسم قطاعاً تضاريسياً على طول الخط (ا ب) على أساس أنه أول خط يواجه الناظر من هذه الاتجاه .

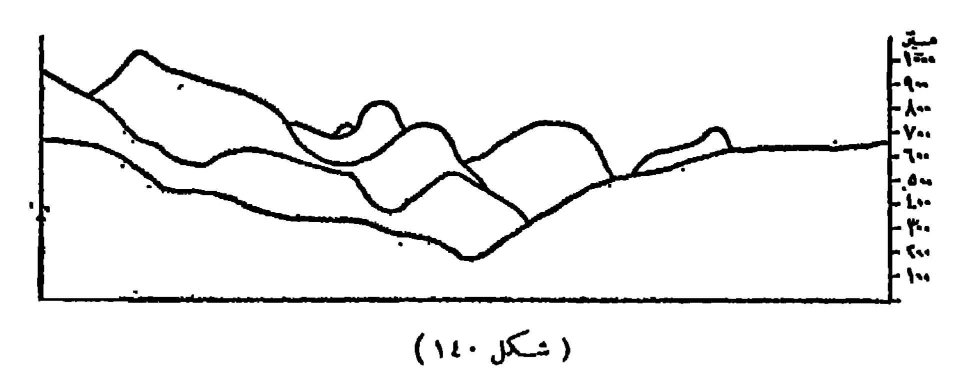
(ب) ثم نرسم بعد ذلك قطاعاً تضاريسياً للخط الثانى (حـ ى) ، ولا نظهر منه سوى المناطق التى يزيد ارتفاعها عن خط القطاع الأول (ا ب) . فى الشكل (١٣٩) نلاحظ أن الجزء المنخفض من القطاع الثانى يتم رسمه بشكل مجزء ومن ثم فهو لن يظهر فى الشكل النهائى للبانورامه .




( شكل ١٣٩ )

(حـ) نرسم بعد ذلك قطاعاً تضاريسياً للخط الثالث (هـ و)، ولا نظهر منه سوى المناطق التى يزيد ارتفاعها عن القطاعين السابقين .

(ى) بنفس الطريقة نوالى رسم القطاعات التضاريسية الستة مع حذف المناطق التى تنخفض عن القطاعات السابقة ، فنحصل فى النهاية على شكل المنطقة كما ينظر اليها القارىء من هذا الاتجاه كما فى ( الشكل ١٤٠ ) .




( شكل ١٤٠ )

(هـ) يمكن أن يتغير منظر البانورامه لو تغيرت الزاوية التى ينظر منها القارىء . فالشكل ( ١٤١ ) يوضح لنا منظر سطح من الجهة المقابلة أى كما ينظر إليه قارىء الخريطة باعتبار أن الخط (ى ع ) هو أول قطاع تضاريسى يظهر كاملا ثم الخط ( ن ل ) الذى تظهر




( شكل ١٤١ )

منه المناطق التي يزيد ارتفاعها عن القطاع السابق وهكذا . وواضح من الشكل المذكور أن شكل البانورامه متغير عنه فى الشكل السابق ·

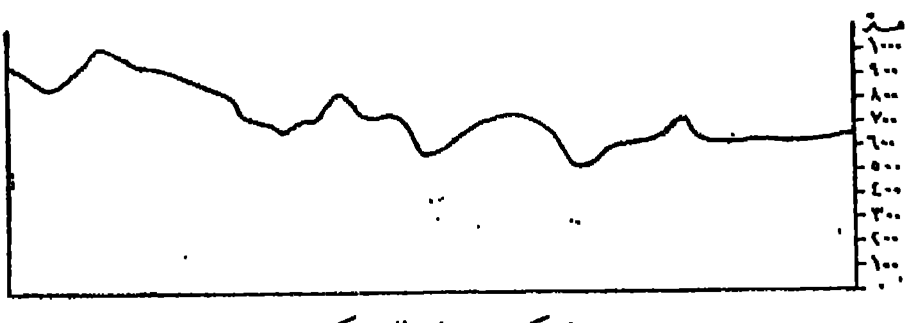
٧ — القطاعات المركبة: Composite profiles

تهدف القطاعات المركبة إلى توضيح سطح الأرض كما لو نظر إليه الانسان من نقطة بعيدة جداً ، فهذه القطاعات لاتظهر إذن سوى القمم الواضحة . وطريقة إنشاء مثل هذه القطامات كما يلى : -

( ا ) نقسم الخريطة الكنتورية بواسطة مجموعة من الخطوط المتوازية ونقيم قطاعا تضاريسيا على طول كل خط منها كما فعلنا فى الطريقتين السابقتين.

(ب) نطبق كل هذه القطاعات فوق بعضها كما فعلنا فى القطاعات المتداخلة .

(حـ) نرسم قمم هذه القطاعات فقط ، فنحصل على القطاع المركب للمنطقة التي تمثلها الخريطة كما فى ( الشكل ١٤٢ ) .



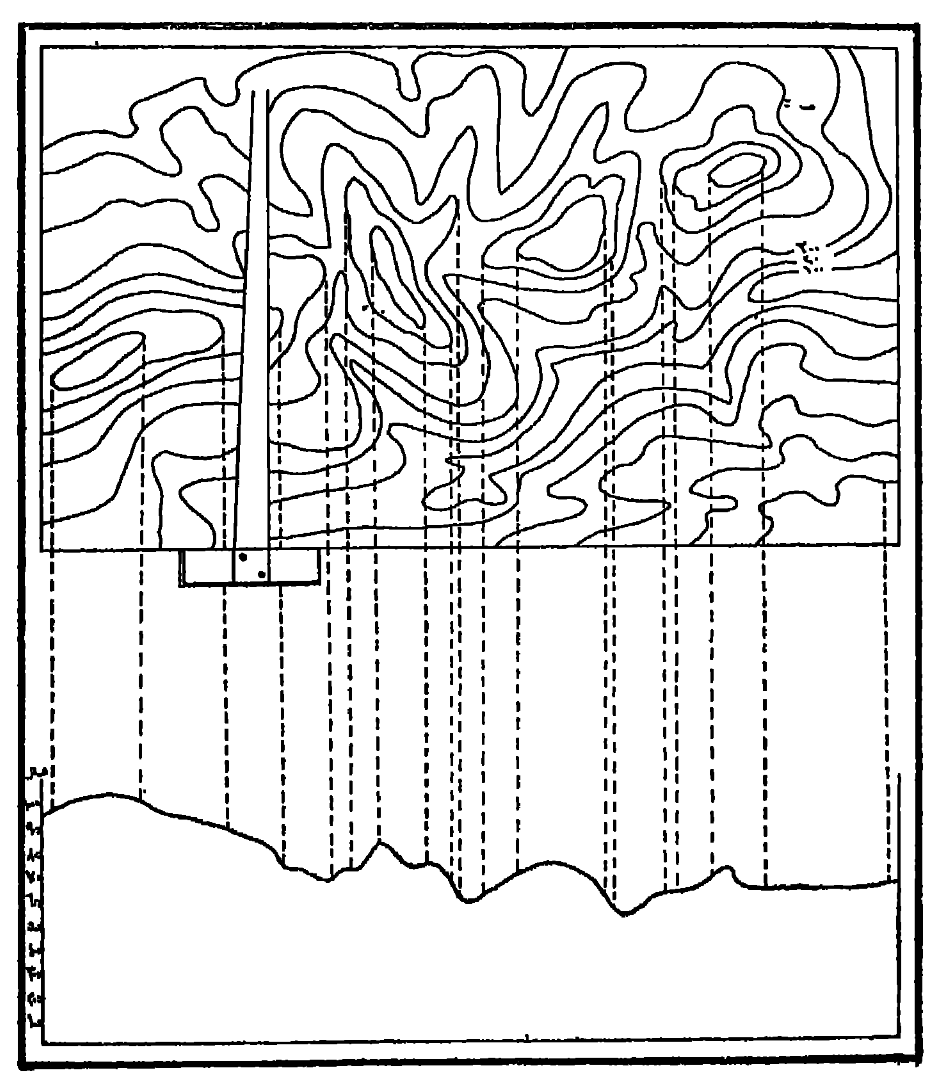

( شكل ١٤٢ ) قطاع مركب

وهناك نقطة هامة يجب ملاحظتها فى مثل هذا النوع من القطاعات ، فكثيرا مايسير خط القطاع موازياً لخط الكنتور وبذلك تظهر النقط التي يتقابل فيها خط الكنتور متباعدة عن بعضها ، مما يترتب عليه ظهور هذا الجزء من القطاع على شكل أرض مستوية أو مسطحة وهى فى الحقيقة أرض منحدرة . وإذا ماتكررت هذه الظاهرة فإنها تعطى صورة خاطئة عن توزيع عنصرى سطح الأرض : الاستواء والانحدار ·

ولذلك استخدمت طريقة أخرى تجنبا للوقوع فى مثل هذا الخطأ تعتمد على أن يكون خط القطاع متمشياً مع العمود الفقرى لشريط الأرض الذى يراد إظهاره على القطاع، وتتلخص خطوات رسم هذه الطريقة فيما يلى :

(أ) نستخدم مسطرة حرف T أو مثلثا قائم الزاوية ونحركه على حافة الخريطة ليصنع خطوطا رأسية على طول الخريطة نفسها .

(ب) نحدد النقط التى تلتقى فيها المسطرة مع أعلى ارتفاع تقابله . فى الشكل (١٤٣) نجد أن المسطرة تقابل عند حافة الخريطة اليمنى خط كنتور ٧٠٠ متر ، فنقيم خطاً مستقيما عند هذا الارتفاع ويعتبر هذا الارتفاع فى هذا الاتجاه الرأسى هو أعلى ارتفاع ، لأننا لو وصلنا هذا الخط إلى نهاية الخريطة فإنه لن يقابل سوى ارتفاعات أقل من ٧٠٠ متر .



(شكل ١٤٣)
طريقة إنشاء القطاعات المركبة

(حـ) نحرك المسطرة على طول الحافة السفلى للخريطة حتى تلتقى بارتفاع كبير آخر فنجدها تلتقى دائما على طول محور حركتها هذا بخط كنتور ٧٠٠ متر إلى أن نصل إلى خط كنتور ٧٠٠ متر الموجود فى أعلى الخريطة، ثم يليه نفس الخط ، فتكون المنطقة المحصورة بينهما أعلى من ٧٠٠ متر .

( ى ) ثم نحرك المسطرة على نفس الحافة حتى تلتقى بخط ٦٠٠ متر وهو أعلى منسوب فى هذا الاتجاه فنقيم من هذا المنسوب إلى حافة الخريطة خطاً مستقيما .

(هـ) نستمر فى تحريك المسطرة وإسقاط أعمدة رأسية من أعلى نقط تقابلها المسطرة على حافة الخريطة .

( و ) نمد كل هذه الخطوط الرأسية على استقامتها نحو خط القطاع ، وينتهى كل خط منها عند الارتفاع الخاص به والذى يوضحه المحور الرأسى للقطاع .

( ز ) نوصل نهايات هذه الخطوط ببعضها فنحصل على القطاع المركب الذى يوضح لنا قمم سطح الأرض فى المنطقة التى تمثلها الخريطة .

ومن دراسة هذا القطاع نلاحظ أن الخط يتخذ فى جهته اليسرى شكلا محدبا بينما كان يظهر فى الشكل (١٤٢) على هيئة مقعرة . والسبب فى هذا التغيير هو أن خط القطاع ( هـ و ) كان يسير فى الحالة الأولى موازياً لخط الكنتور فلم تظهر المنطقة مسطحة على غير حقيقتها فحسب بل ظهرت مقعرة وهذا هو السبب فى تفضيل هذه الطريقة فى رسم القطاعات المركبة ، فضلا عن أنها تعفينا من رسم القطاعات المتداخلة كلها ثم أخذ قممها فقط .

## استعمال المنحنيات البيانية فى تحليل الخرائط الكنتورية

يمكن الاستعانة بالمنحنيات البيانية فى معرفة العلاقة بين المساحة من ناحية وبين الارتفاع من ناحية أخرى . وحيث أن الارتفاعات توضحها لنا الخريطة الكنتورية فإن الدارس يمكنه معرفة المساحات بإحدى الطرق التى سبق لنا شرحها، والتى أفضلها فى حالتنا هذه جهاز البلانيميتر . ( انظر الفصل الثانى ) .

والمنحنى البيانى عبارة عن خط يرسم بطريقة معينة لتوضيح العلاقة بين ظاهرتين متغيرتين ، وبواسطته نستطيع أن نرى بسهولة كيف تتغير إحدى الظاهرتين مع الأخرى أو تبعاً لها .

وبتطبيق طريقة المنحنيات البيانية على الخرائط الكنتورية لمعرفة العلاقة التي تربط بين المساحة والارتفاع أو بين الارتفاع والانحدار، فإننا نحصل على ثلاثة أنواع رئيسية من المنحنيات:

(أولا) المنحنى التكرارى المتجمع : Cumulative Frequency Curve .

يستخدم المنحنى التكرارى المتجمع [ وهو يعرف أيضاً باسم المنحنى الهبسوجرافى Hypsographic أو المنحنى الهبسومترى Hypsometric ] فى توضيح النسبة Proportion بين مساحة سطح الأرض فى المنطقة التى توضحها الخريطة الكنتورية وبين ارتفاع سطح الأرض فى نفس المنطقة .

طريقة رسم المنحنى المتجمع :

١ — نحضر الخريطة المطلوب عمل المنحنى الهبسوجرافى لها ، وهى توضح الارتفاعات بالطبع ، فنتولى نحن ايجاد مقدار المساحة بين كل خطى كنتور متتاليين . فإذا فرضنا أن الخريطة التى لدينا لإحدى الجزر فإن مجموع هذه المساحات هو عبارة عن المساحة الإجمالية للجزيرة .

٢ — ننسب المساحة المحصورة بين كل كنتورين متتابعين إلى المساحة الإجمالية للمنطقة فلو فرض وكانت مساحة المنطقة ٦٠٠٠ كم$^{٢}$ وكانت مساحة المنطقة المحصورة بين مستوى سطح البحر وبين خط كنتور ١٠٠ متر هى ٤٥٠٠ كم$^{٢}$ ، إذن نسبة هذه المساحة إلى

المساحة الكلية $= \frac{٤٥٠٠ \times ١٠٠}{٦٠٠٠} = ٧٥ \%$ وهكذا

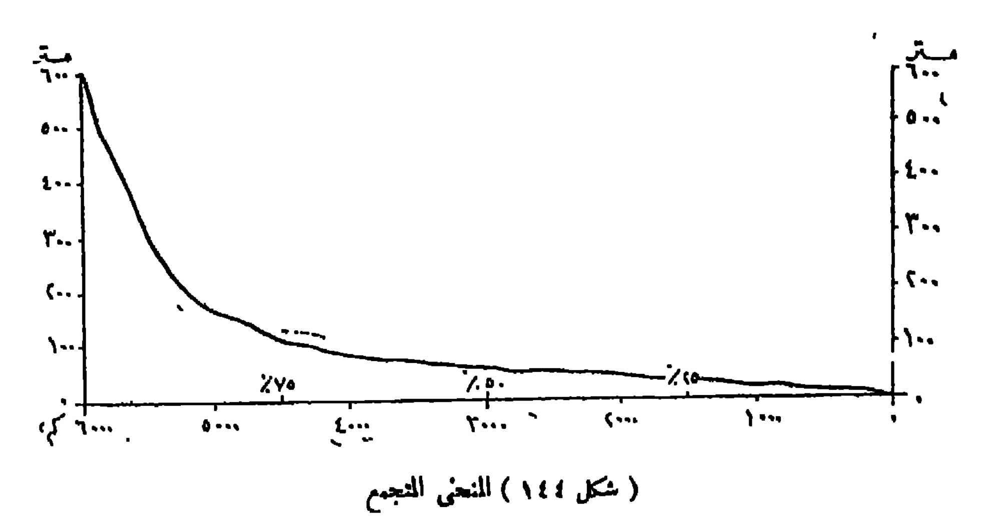
٣ — نأخذ ورقة رسم ويفضل أن تكون ورقة مربعات عادية ونرسم عليها محورين متعامدين : ونأخذ المساحات على المحور الأفقى ، فإذا كانت جملة المساحة كما ذكرنا تبلغ ٦٠٠٠ كم$^{٢}$، فإننا نقسم هذا المحور إلى ستة أجزاء متساوية يمثل كل منها ١٠٠٠ كم$^{٢}$ وهى فى مجموعها تمثل ١٠٠ ٪ من جملة المساحة . فيمكن أن نبين المساحة والنسبة المئوية على هذا المحور أيضا فتكون المساحة المحصورة بين بداية هذا المحور والنقطة التى تحدد مساحة ٤٥٠٠ كم$^{٢}$ هى نفسها المسافة التى تحدد ٧٥ ٪ من جملة المساحة .

أما المحور الرأسى فاننا نقيس عليه مسافات متساوية تمثل الارتفاعات الموجودة لدينا فى

الخريطة الكنتورية . فإذا كان أقصى ارتفاع لدينا فى هذه الجزيرة هو ٦٠٠ متر فإننا نقسم المحور الرأسى إلى ستة أقسام طول كل قسم منها يمثل ١٠٠ متر .

٤ — نوقع نسب المساحات المحصورة بين كل خطى كنتور متتابعين أمام الارتفاع الخاص بها ، أى أننا لو أقمنا عموداً على المحور الأفقى أمام هذه النسبة ، ثم رسمنا من على المحور الرأسى أمام الارتفاع الأول وليكن ١٠٠ متر مثلا خطاً يوازى المحور الأفقى فيقابل العمود السابق ذكره فى نقطة معينة ، فإن هذه النقطة تدل فى آن واحد على النسبة وعلى الارتفاع . وهكذا نواصل العمل حتى يتم توقيع جميع النسب أمام الارتفاعات الخاصة بها .

٥ — نوصل بين النقط السابق توقيعها بمنحنى ممهد Smooth curve فيكون هذا هو المنحنى المقصود بالمنحنى الهبسوجرافى .




( شكل ١٤٤ ) المنحنى المتجمع

٦ — يحسن أن يكون الخط البيانى الهبسوجرافى واقعاً بالقرب من المحورين ما أمكن حتى تسهل مقارنة مواقع النقط عليه بالتدريج على كل منهما . لهذا يجب أن نختار مقياس الرسم على المحورين مناسبين للبيانات التى لدينا ، وليس من الضرورى أن يكون المقياسان على المحورين متساويين ، بل من المستحيل أن يكونا كذلك .

٧ — الشكل الذى يأخذه المنحنى الهبسوجرافى صعوداً وهبوطاً يتغير تبعاً لمقياس الرسم على كل من المحورين . فإذا كان مقياس الرسم على المحور الرأسى كبيراً بالنسبة للمقياس على المحور الأفقى ، فإن أى زيادة طفيفة فى الارتفاع تسبب ارتفاعاً نسبياً فى المنحنى البيانى ، ومن ثم تظهر الذبذبات فى المنحنى عنيفة . أما إذا كان المقياس الرأسى صغيراً فإنه يضعف من

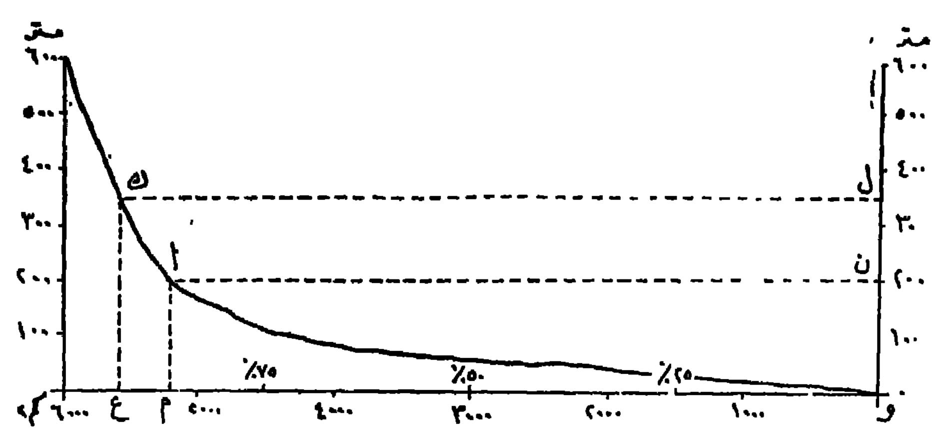
حدة التغيرات التى تطرأ على الارتفاع ، ويعمل على تمهيد المنحنى وإظهاره خالياً من الذبذبات العنيفة .

## نقط المنحنى الهبسوجرافى ومعنى إحداثياتها :

إذا أخذنا أية نقطة مثل (أ) على المنحنى وأسقطنا منها عمودين على المحورين: ( ا م )على المحورالأفقى،( ا ن ) على المحور الرأسى مثلا، فإن المسافة ( م و)تمثل مساحة معينة(٥٢٠٠ كم٢) أما المسافة ( و ن ) فإنها تمثل ارتفاعاً معيناً ( ٢٠٠ متر ) ، أى أن المناطق المحصورة تحت هذا الارتفاع يبلغ مساحتها ٥٢٠٠ كم٢ أو ٨٦٫٦ ٪ من جملة المساحة .

هكذا لو أخذنا أية نقطة على المحور الرأسى مثل نقطة ( ل ) على ارتفاع ٣٥٠ مترا وأقمنا منها عمودا على المحور الرأسى ليقابل المنحنى فى نقطة ( ك ) مثلا ، فإن البعد ( ع و = ل ك) مقيساً على المحور الأفقى ويمثل جملة المساحة المحصورة تحت الارتفاع الذى تحدده المسافة « و ل » (٣٥٠ مترا ) وهو ٥٦٠٠ كم٢ أى ٩٣٫٣ ٪ من جملة المساحة .

ويجب أن يتم قياس المساحات بدقة متناهية ، لأن أى خطأ مهما كانت بساطته يعطى نتيجة مخالفة للواقع ، لذلك يجب أخذ القياسات عدة مرات لا تقل عن ثلاث مرات ثم أخذ متوسط هذه القياسات .




( شكل ١٤٥ ) معنى إحداثيات المنحنى الهبسوجرافى

فضلا عن هذا فإن كبر المساحة بين كل كنتورين متتاليين لا يعنى استواء سطح الأرض لأن هذا الكبر قد يكون نتيجة لطول المنطقة وليس لعرضها .

وأخيراً فإنه قد توجد بعض أجزاء مستوية من سطح الأرض ولكنها لا تظهر على حقيقتها فى المنحنى الهبسوجرافى ، إما لأنها تقع بين كنتورين وإجمالها مع المساحة الكلية للجزء المحصور بين هذين الكنتورين لا يظهرها على المنحنى ، وإما لصغر مساحتها فيظهرها الخط البيانى على أنها أراض منحدرة .

(ثانياً) المنحنى الكلينوجرافى : Clinographic Curve .

يستعمل المنحنى الكلينوجرافى فى تمثيل متوسط الانحدار Average gradient بين كل خطى كنتور متتابعين . لأن المنحنى الهبسوجرافى السابق لا يوضحها بطريقة رقمية محددة ، فضلا عن أن المنحنى الكلينوجرافى لا يغفل تمثيل التغييرات الصغيرة أو تلك التى كان لا يظهرها المنحنى السابق لصغر مساحتها فيوضحها على شكل أراضى منحدرة وهى فى الحقيقة مستوية السطح .

ولمعرفة درجة الانحدار بين كل كنتورين متتاليين فى خريطة كنتورية لجزيرة مثلا فإننا نجرى الآتى :

١ — نقيس المساحة التى يحددها خط كنتور صفر ، أى أننا سنحصل على جملة مساحة الجزيرة .

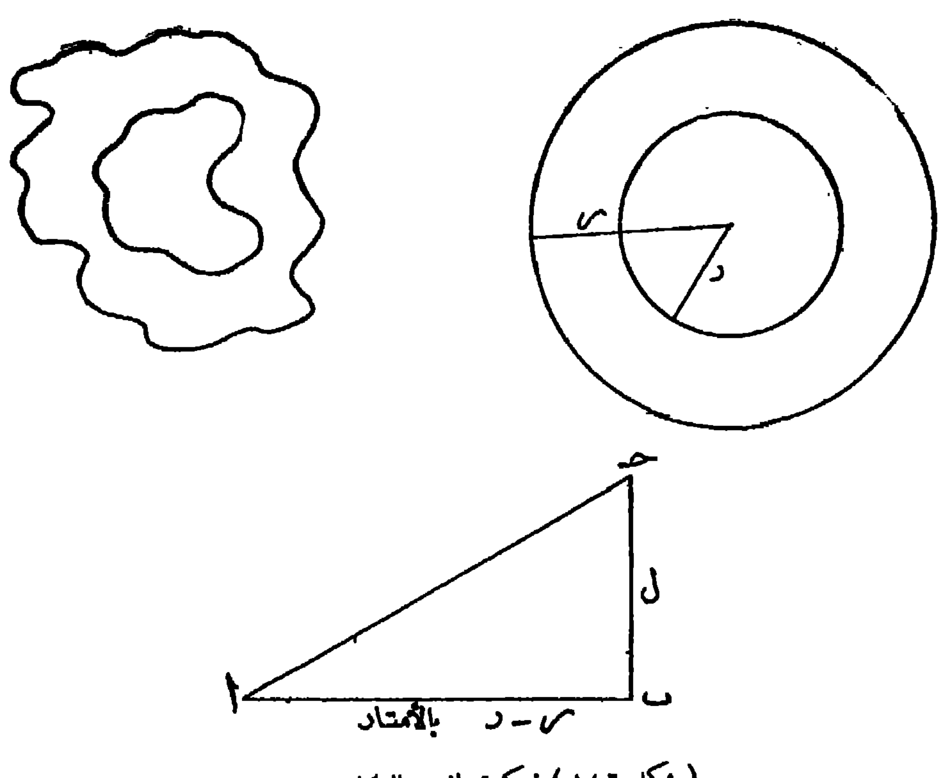
٢ — نقيس المساحة التى يحددها خط كنتور ١٠٠ متر ، فيكون الفرق بين هاتين المساحتين هو مقدار المساحة بين هذين الكنتورين .

٣ — تحول هذه المساحات إلى دوائر منتظمة الشكل . فلو فرض وكانت المساحة التى يحدها خط كنتور صفر تبلغ ٣٦٧,٦ سم٢ ، وتلك التى يحدها خط كنتور ١٠٠ متر تبلغ ٣٤٢,٦ سم٢ ، فإن نصف قطر الدائرتين على الترتيب يكون ٨١٥و١٠ سم ، ٤٤٢و١٠سم. فنرسم دائرتين بنصفى القطر السابقين .

٤ — نوجد أطوال أنصاف الأقطار السابقة بالأمتار تبعاً لمقياس الرسم المستخدم . فلو كان مقياس الرسم لهذه الجزيرة هو ١/٠٠٠و١٠٠ فإن نصف قطر المساحة الأولى يبلغ ١٠٨١٥ متراً ، ونصف قطر الدائرة الثانية يبلغ ١٠٤٤٢ متراً .

٥ — بتحويل العلاقة بين الدائرتين المذكورتين إلى مثلث قائم الزاوية يصبح الضلع (ا ب) ممثلا للفرق بين نصفى القطر ، ويصبح الضلع (ب حـ) ممثلا للفاصل الرأسى بالخريطة ، فتكون الزاوية

(ب ا حـ) هى زاوية الانحدار . ويمكن معرفتها عن طريق تطبيق قانون الظلال على النحو التالى :




(شكل ١٤٦) فكرة المنحنى الكلينوجرافى

ظل الزاوية = المقابل / المجاور

= ل / (م — ر)

حيث أن ل هى الفاصل الرأسى بين خطوط الكنتور.

، م نصف قطر الدائرة الكبرى .

، ر « « « الصغرى .

وبتطبيق هذه الصيغة على الجزيرة المذكورة نجد أن :

$$\text{ظل الزاوية} = \frac{١٠٠}{١٠٨١٥ - ١٠٤٤٢}$$

$$= \frac{١٠٠}{٣٧٣}$$

$$= ٠٫٢٦٧٩$$

وبالبحث فى جدول الظلال نجد أن الزاوية = ١٥°

أى أن درجة انحدار سطح الأرض بين مستوى سطح البحر وخط المنسوب ١٠٠متر تبلغ ١٥°.

٦ ــ بنفس الطريقة السابقه نوجد درجة الانحدار بين خط الكنتور ١٠٠ متر وبين خط المنسوب ٢٠٠ متر الذى يليه . فبالنسبة للمساحة التى يحدها خط الكنتور ١٠٠ متر فقد سبق لنا قياسها وبلغت ٣٤٢٫٦ سم$^٢$ ، فنقيس المساحة التى يحدها خط الكنتور ٢٠٠ متر ولتكن ٣٢٨٫٧ سم$^٢$.

إذن نصف قطر هاتين الدائرتين يبلغ ١٠٫٤٤٢ سم ، ١٠٫٢٢٨ سم على الترتيب ، أى ١٠٤٤٢ متراً ، ١٠٢٢٨ متراً تبعاً لنفس مقياس الرسم ١/١٠٠٫٠٠٠ .

٧ ــ بتطبيق قاعدة الظلال نجد أن :

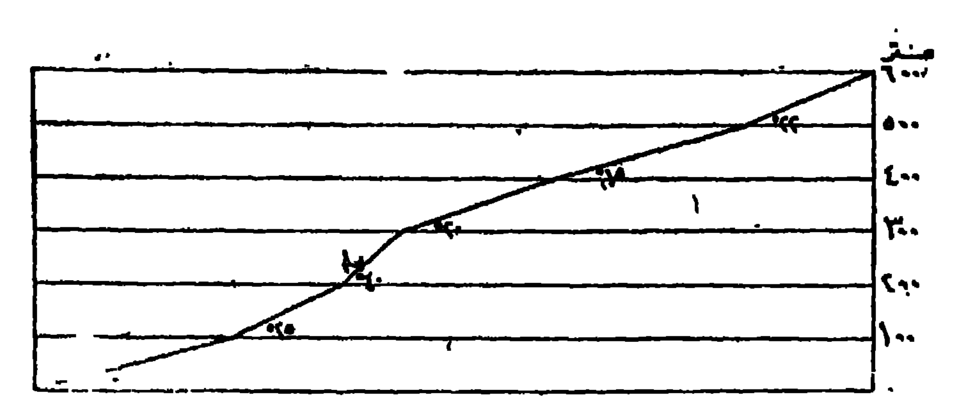
$$\text{ظل الزاوية} = \frac{ل}{م - ر}$$

$$= \frac{١٠٠}{١٠٤٤٢ - ١٠٢٢٨}$$

$$= \frac{١٠٠}{٢١٤}$$

$$= ٠٫٤٦٦٣$$

∴ زاوية الانحدار = ٢٥°




( شكل ١٤٧ ) المنحنى الكلينوجراف

٨ ـ وهكذا نستمر فى إيجاد درجة الانحدار بين كل خطى كنتور متتاليين، ولنفرض أنها بلغت ابتداء من مستوى سطح البحر إلى خط ٦٠٠ متر ـ وهو أقصى ارتفاع فى الجزيرة ـ الدرجات الآتية : ١٥° ـ ٢٥° ـ ٤٠° ـ ٢٠° ـ ٢٢° .

٩ ـ نرسم محورين متعامدين : محوراً أفقياً يمثل مستوى سطح البحر ، ومحورا رأسياً يمثل الارتفاعات التى توضحها الخريطة الكنتورية أى ١٠٠ ـ ٢٠٠ .......... ٦٠٠ متر

١٠ ـ نبدأ المنحنى الكلينوجراف بأن نستخدم « المنقلة » فى قياس زاوية تبلغ ١٥° عند مستوى سطح البحر على المحور الأفقى ونمد هذا الخط على استقامته حتى يلتقى بالخط الأفقى الذى يمثل الارتفاع ١٠٠ متر . فنبدأ من هذه النقطة قياس الزاوية الثانية وهى ٢٥° ونمد الخط على استقامته حتى يلتقى بالمنسوب ٣٠٠ متر . وهكذا إلى أن نصل إلى ارتفاع ٦٠٠ متر . ويوضح الشكل ( ١٤٧ ) المنحنى الكلينوجراف لهذه الجزيرة .

١١ ـ يمكن أن نطبق معادلة رياضية واحدة توفر علينا بعض العمليات الحسابية وهى :

$$\text{ظل الزاوية} = \frac{\text{ل}\sqrt{\text{ط}}}{\sqrt{\text{أ}} - \sqrt{\text{ب}} \times \text{س}}$$

حيث أن ل = الفاصل الرأسى بين خطوط الكنتور .

، ط = النسبة التقريبية ( ٣,١٤١٦ أو $\frac{٢٢}{٧}$ ) .

، أ = مساحة الأرض المحصورة بأى خط كنتور .

، ب = مساحة الأرض المحصورة بالكنتور الذى يعلو الكنتور الذى يحصر المساحة «١».

، س = مقياس رسم الخريطة.

وبتطبيق هذه المعادلة على المثال السابق الذى يبين الأرقام التالية :

ل = ١٠٠ متر ، ١ = ٣٦٧,٦ سم$^2$.

ب = ٣٤٢,٦ سم$^2$ ، س = ١٠٠٠٠٠

$$\therefore \text{ظل الزاوية} = \frac{١٠٠ \times \sqrt{٣,١٤١٦}}{\left(\sqrt{٣٦٧,٦} - \sqrt{٣٤٢,٦}\right) \times ١٠٠٠٠٠}$$

$$= \frac{١٠٠ \times ١٧٧,٢٣}{(١٩,١٧٣ - ١٨,٥٠٩) \times ١٠٠٠٠٠}$$

$$= ٠,٢٦٧٩$$

$$\therefore \text{الزاوية} = ١٥^\circ$$

وبنفس الطريقة نجد أن الزاوية الثانية:

$$\text{ظل الزاوية الثانية} = \frac{١٠٠ \times \sqrt{٣,١٤١٦}}{\left(\sqrt{٣٤٢,٦} - \sqrt{٣٢٨,٧}\right) \times ١٠٠٠٠٠}$$

$$= \frac{١٠٠ \times ١٧٧,٢٣}{(١٨,٥٠٩ - ١٨,١٣٠) \times ١٠٠٠٠٠}$$

$$= \frac{١٧٧٢٣}{٠,٣٧٩ \times ١٠٠\ ٠٠٠}$$

$$= ٠,٤٦٦٣$$

$$\therefore \text{الزاوية} = ٢٥^\circ$$

وهذه هى نفس النتائج السابقة. ويمكن أن نواصل العمل بنفس الطريقة.

١٢ — يمكن أن نضع الأرقام التى نحصل عليها باستخدام المعادلة المبينة فى البند

السابق فى جدول يسهل علينا العمل وبواسطته يمكن أن نستعين بالعمود الأخير منه فى رسم المنحنى الكلينوجرافى على النحو التالى :

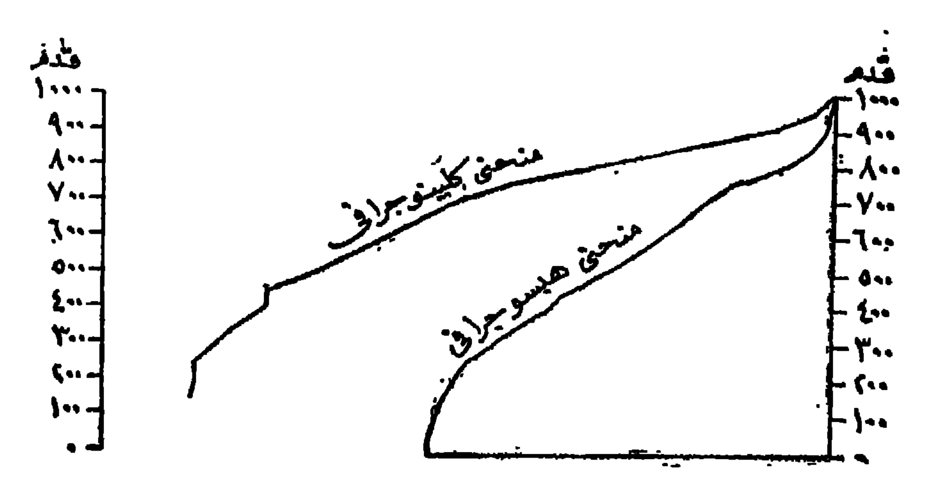
| الارتفاع بالأمتار | المساحة بالسنتيمتر المربع | $\sqrt{أ}$ | $\sqrt{أ} - \sqrt{ب}$ | ظا الزاوية $\frac{\sqrt{أ} - \sqrt{ب} \times س}{ل\sqrt{ط}}$ | الزاوية درجة | الزاوية دقيقة |
|---|---|---|---|---|---|---|
| صفر | ٣٦٧ر٦ | ١٩ر١٧٣ | ٠ر٦٦٤ | ٠ر٢٦٧٩ | ١٥ | ٠٠ |
| ١٠٠ | ٣٤٢ر٦ | ١٨ر٥٠٩ | ٠ر٣٧٩ | ٠ر٤٦٦٣ | ٢٥ | ٠٠ |
| ٢٠٠ | ٣٢٨ر٧ | ١٨ر١٣٠ | ٠٠٠٠٠ | ٠٠٠٠٠٠ | ٠٠ | ٠٠ |
| ٣٠٠ | ٠٠٠٠٠ | ٠٠٠٠٠٠ | ٠٠٠٠٠ | ٠٠٠٠٠٠ | ٠٠ | ٠٠ |
| ٤٠٠ | ٠٠٠٠٠ | ٠٠٠٠٠٠ | ٠٠٠٠٠ | ٠٠٠٠٠٠ | ٠٠ | ٠٠ |
| ٥٠٠ | ٠٠٠٠٠ | ٠٠٠٠٠٠ | ٠٠٠٠٠ | ٠٠٠٠٠٠ | ٠٠ | ٠٠ |
| ٦٠٠ | ٠٠٠٠٠ | ٠٠٠٠٠٠ | ٠٠٠٠٠ | ٠٠٠٠٠٠ | ٠٠ | ٠٠ |

١٣ — من المفيد جداً أن نجمع بين المنحنى الهبسوجرافى والمنحنى الكلينوجرافى فى شكل بيانى واحد وذلك للمقارنة بينهما فإن الأول منهما سيوضح المساحة التى يحصرها تحته كل خط كنتور موضح على الخريطة ، بينما يبرز المنحنى الثانى درجة الانحدار بين كل خطى كنتور متتابعين .

وقد قام أحد الباحثين بالاستفادة إلى أقصى حد ممكن من فكرة الجمع بين المنحنى الهبسوجرافى والمنحنى الكلينوجرافى فى شكل بيانى واحد . ويوضح الشكل ( ١٤٨ ) شكلا يجمع بين هذين المنحنيين لمنطقة فى شمال كورنول

كما قام ديبنام ( F.Debenham ) برسم منحنى كلينوجرافى ولكن قياس الانحدارات بين كل خطى كنتور متتاليين جاءت نتيجة لما قام به فقد قام بقياس طول كل خط كنتور على الخريطة ، ووقع هذه الأطوال على المقياس الأفقى تبعاً لارتفاعها عن سطح البحر .

فإذا كان طول خط كنتور ١٠٠ متر يبعد عن المحور الرأسى تبعاً لمقياس الرسم الذى استخدمه الباحث بمقدار ٧ سم مثلا قام بوضع علامة عند منسوب ١٠٠ ! متر تبعد عن المحور الرأسى ٧ سم . ثم يقيس خط الكنتور التالى ، فإذا وجده طوله ٥ سم . مثلا ، قام بوضع علامة




( شكل ١٤٨ )

رسم بيانى يجمع بين المنحنى الكلينوجراف والمنحنى الهبسوجراف فى شكل واحد

عند منسوب ٢٠٠ متر تبعد عن المحور الرأسى بمقدار ١٢ سم ( ٧ + ٥ ) . ثم يقيس الخط الثالث ، فإذا وجد أن طوله تبعاً لمقياس الرسم هو ٤ سم مثلا ، قام بوضع علامة عند منسوب ٣٠٠ متر تبعد عن المحور الرأسى بمقدار ١٦سم (٧ + ٥ + ٤) وهكذا .

ثم يقوم بتوصيل هذه العلامات بخطوط مستقيمة تقطع السطوح الأفقية الدالة على مناسيب ارتفاعها بزوايا هى عبارة عن زوايا الانحدار .

أى أنه لا يبدأ بقياس درجات الانحدار بإجراء العمليات الحسابية التى شرحناها ، بل يقيس أطوال خطوط الكنتور باستخدام عجلة القياس ، ثم من توقيع تلك الأطوال على الرسم البيانى يحصل على درجات الانحدار .

وبالطبع فهذه طريقة سريعة وسهلة وإن كانت الطرق الحسابية أدق منها .

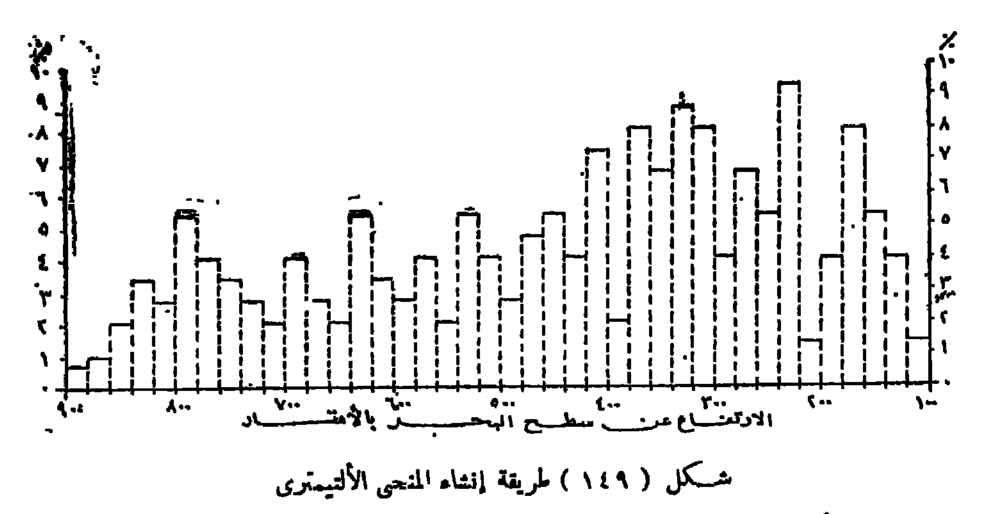
( ثالثا ) المنحنى الألتيمترى : Altimetric Frequency Graph

يخدم المنحنى الألتيمترى كثيراً من أغراض الدراسة الجيومورفولوجية لا سيما تلك التى تتعلق بالنحت والتعرية ، وربط المناطق التى تعرضت لمثل هذه العوامل ببعضها فى محاولة لدراسة أسباب هذه الظواهر والتطورات التى طرأت عليها .

وتتلخص طريقة إنشاء هذا المنحنى كما يلى : —

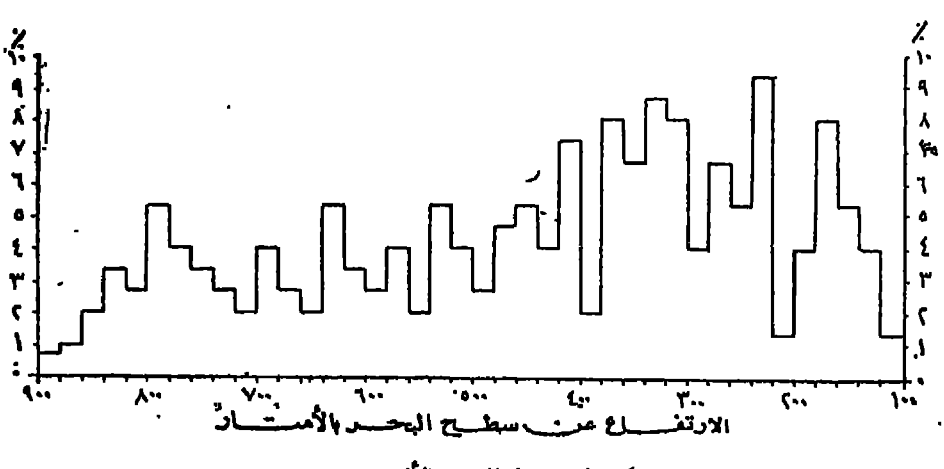
نرسم محورين أساسيين فى الشكل : محوراً أفقياً نوقع عليه الارتفاعات فوق سطح البحر ،

وآخر رأسياً يمثل المساحات . ثم نوقع المساحة المحصورة بين كل خطى كنتور متتاليين أمام المحور الرأسى على شكل مستطيل يرتكز على ارتفاع هذا المنسوب عن سطح البحر والموضح على المحور الأفقى ( شكل ١٤٩ ) حتى يتم توقيع كل المساحات .




شكل ( ١٤٩ ) طريقة إنشاء المنحنى الألتيمترى

بعد ذلك نحذف الخطوط التى تنتهى عند قاعدة الشكل ، ونحتفظ بالخط الخارجى فقط الذى قام على أساس توصيل المساحات بخطوط مستقيمة وليس بواسطة خط واحد منحنى .




شكل ( ١٥٠ ) المنحنى الألتيمتري

# قياس الانحــــــدارات

توضح الخريطة الكنتورية جوانب هامة من سطـــح الأرض ، ولـكنها فى نفس الوقت لا تبين لنا إلا ارتفاع بعض المناطق عن بعضها الآخر أو انخفاضها بالنسبة لما يجاورها من المناطق . ولـكن الجغرافى يهتم بظاهرات أخرى فى اللاندسكيب الطبيعى ، لا سيما انحدار سطح الأرض،سواء فى درجةهذا الانحدار أو فى التغيرات التى تطرأ عليه ، وكذلك متوسط ارتفاع سطح الأرض والمستويات الأرضية Surface-levels والأرصفـــة الأرضية Platforms والانـكسارات والحافات وما شابهها من الظاهرات الطبيعية .

كما أن معرفة الارتفاع الدقيق لنقطة معينة فوق سطح البحر قـد يكون فى بعض الأحيان أقل أهمية من معرفة العلاقة بين هذه المنطقة وما يجاورها من مناطق . فدراسة انحدار سطح الأرض فى مجموعة من القطاعات تفيـد الجغرافيين عامة والجيومورفولوجيين خاصة وذلك فى تحليل كثير من الظاهرات التى تعجز الخرائط عن توضيحها . كما تمـكننا تلك التحاليل من معرفة التغيرات التى طرأت على الأشـكال الأرضية إلى أن وصلت بها إلى وضعها الحالى .

وقد كانت عملية حساب معدل انحدار سطح الأرض Average Gradient وتمثيـــله على الخرائط محل اهتمام كثير من الدراسات، لا سيما من جانب علماء الجيومورفولوجيا فى الولايات المتحدة . وعملية حساب معدل الانحدار عملية سهلة نسبياً، إلا أن تمثيل هذا المعدل على خرائط للوصول إلى أنماط متميزة تساعــــدنا على تحليل ظاهرات سطح الأرض هو الشىء الأكثر تعقيـداً .

## طريقة حساب انحدار سطح الأرض :

إذا كان عندنا نقطتان على سفح تل وأسقطناهما على سطح أفقى كخريطة مثلا، فإن المسافة بينهما تعرف بالمسافة الأفقيــة Horizontal Equivalent والفرق الرأسى بين النقطتين يعرف باسم الفاصل الرأسى Vertical Interval .

وعلى هذا يكون الانحدار عبارة عن النسبة بين الفاصل الرأسى والمسافة الأفقية .

$$\text{أى أن معدل الانحدار} = \frac{\text{الفاصل الرأسى}}{\text{المسافة الأفقية}}$$

ولـكن قبل حل هذه المادلة لمعرفة معدل الانحدار بين نقطتين، يجب أن نوحد وحدات القياس فى كل من الفاصل الرأسى والمسافة الأفقية . فلو كانت إحداها بالقدم والأخرى بالياردة أو واحدة بالمتر والأخرى بالسنتيمتر ، فإننا نقوم بتوحيد وحدات القياس على أساس أن تصبح بالوحدة الصغرى أى أن نحولها إلى القدم أو السنتيمتر .

فإذا كانت المسافة الأفقية بين خطى كنتور فى اتجاه معين تبلغ ٢ كم · والفاصل الرأسى لهذه الخريطة هو ١٠٠ متر فإن معدل الانحدار بين خطى الـكنتور السابقين =

$$\frac{\text{الفاصل الرأسى}}{\text{المسافة الأفقية}} = \frac{\text{١٠٠ متر}}{\text{٢ كيلومتر}}$$

$$= \frac{\text{١٠٠ متر}}{\text{٢٠٠٠ متر}}$$

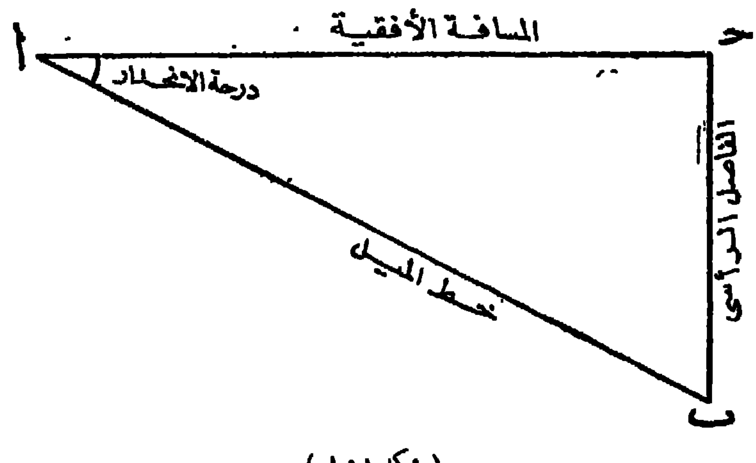
$$= \frac{١٠٠}{٢٠٠٠}$$

$$\therefore \text{الانحـــدار} = \frac{١}{٢٠}$$

أى أن سطح الأرض ينحدر متراً واحداً كلما تقدمنا ٢٠ مترا ·

فانحدار سطح الأرض إذن هو الزاوية المحصورة بين المستوى الأفقى وبين خـط الميـل نفسه Line of slpoe . أى أنه يمـكننا تحويل معدل الانحـدار من كسر عشرى إلى درجة دقيقـة .

والمثلث ( ا ب حـ ) يمثل عناصر سطح الأرض المذكورة . فالخط ( ا ب ) يمثل خط الميل كما هو على الطبيعة ، ويتم إسقاط هذا الخط على الخريطة على شـكل الخط ( ا حـ ) الذى يمثل المسافة الأفقية . أما الخط ( ب حـ ) فإنه يمثل الفاصل الرأسى بين النقطتين ( ا ) ، ( ب ) فدرجة الانحدار إذن هي الزاوية ( ب ا حـ ) . ويمكن معرفة مقدار هذه الزاوية عن طريق معرفة ظلها .




( شكل ١٥١ )

∴ ظل الزاوية = $\frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$

∴ ظل الزاوية ب ا حـ = $\frac{\text{ب حـ}}{\text{ا حـ}}$

فلو فرض وكان طول الخط ا حـ ( المسافة الأفقية ) هو ٦٠ متراً والخط ب حـ ( الفاصل الرأسى ) هو ١ متر .

∴ ظل الزاوية ب ا حـ = $\frac{١}{٦٠}$

= ٠٫٠١٦٦

∴ الزاوية ب ا حـ = ١° تقريباً .

أى أن الانحدار بين النقطتين ( ا ) ، (ب) يبلغ درجة واحدة .

وبالمثل إذا كان الانحدار بين النقطتين هو $\frac{١}{٣٠}$

∴ ظل الزاوية = ٠٫٠٣٣٣

∴ الزاوية = ٢° تقريباً .

وبالمثل إذا كان الانحدار بين النقطتين هو $\frac{١}{٢٠}$

فإن ظل الزاوية = ٠٫٠٥٠٠

∴ الزاوية =٣° تقريباً. وهكذا ...

طريقة أخرى لحساب انحدار سطح الأرض :

هناك طريقة أسهل من الطريقة السابقة لمعرفة انحدار سطح الأرض بين نقطتين ، وهى تعتمد على نفس المبادىء الرياضية السابقة .

فمن العلاقة بين أضلاع المثلث السابق يمكن أن نخرج بمعادلة رياضية بسيطة وهى :
درجة الانحدار × المسافة الأفقية = الفاصل الرأسى × ٦٠ .

ويمكن التأكد من صحة هذه المعادلة عن طريق تطـ [illegible] على درجات الانحدار التى توصلنا إليها فى الطريقة الأولى فى النماذج الثلاثة التى اخـ [illegible] ، وهى :

درجة الانحدار × المسافة الأفقية = الفاصل الرأسى × ٦٠ .

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ١ | × | ٦٠ | = | ١ | × | ٦٠ . |
| ٢ | × | ٣٠ | = | ١ | × | ٦٠ . |
| ٣ | × | ٢٠ | = | ١ | × | ٦٠ . |

ومن هنا فإن معرفتنا لعنصرين فقط من عناصر المعادله تمكننا من معرفة العنصر الناقص باعتبار أن الرقم ( ٦٠ ) ثابت لايتغير . ومن تحليلنا للمعادلة السابقة يمكننا أن نصل إلى ثلاث معادلات أخرى هامة وهى :

١ - درجة الانحدار = $\frac{\text{الفاصل الرأسى} \times ٦٠}{\text{المسافة الأفقية}}$

٢ — المسافة الأفقية = $\frac{\text{الفاصل الرأسى} \times ٦٠}{\text{درجة الانحدار}}$

٣ — الفاصل الرأسى = $\frac{\text{درجة الانحدار} \times \text{المسافة الأفقية}}{٦٠}$

**ملاحظات هامة :**

١ — إذا كان الفاصل الرأسى بين خطوط الكنتور ثابتاً ، فإن العلاقة بين المسافة الأفقية ودرجة الانحدار تصبح علاقة عكسية، أى أن المسافة الأفقية تزيد كلما نقصت درجة الانحدار، وكلما زادت درجة الانحدار قصرت المسافة الأفقية ، ويتضح ذلك من المعادلات الآتية باعتبار أن الفاصل الرأسى هو عشرة أمتار :

إذا كانت درجة الانحدار ٢° فإن المسافة الأفقية = $\frac{١٠ \times ٦٠}{٢}$ = ٣٠٠ متر .

وإذا كانت درجة الانحدار ٣° فإن المسافة الأفقية = $\frac{١٠ \times ٦٠}{٣}$ = ٢٠٠ متر .

وإذا كانت درجة الانحدار ٤° فإن المسافة الأفقية = $\frac{١٠ \times ٦٠}{٤}$ = ١٥٠ متراً .

وإذا كانت درجة الانحدار ٥° فإن المسافة الأفقية = $\frac{١٠ \times ٦٠}{٥}$ = ١٢٠ متراً .

وهكذا نجد أن العلاقة بين المسافة الأفقية ودرجة الانحدار علاقة عكسية طالما كان الفاصل الرأسى ثابتاً .

٢ — إذا كان الانحدار فى منطقة ما انحداراً طفيفاً على مدى واسع فإنه يجب أن نقيس الانحدار على طول عدة خطوط أفقية متوازية ، أى فى كل منطقة متشابهة فى انحدارها. ثم نحسب الانحدار عند كل نقطة ، ونأخذ متوسط هذه القياسات فيعطينا هذا المتوسط فكرة دقيقة عن درجة ميل سطح الأرض فى هذه المنطقة .

٣ — إذا كان انحدار سطح الأرض يختلف فى شدته من منطقة لأخرى ، فيجب تقسيم الخريطة إلى أجزاء يتميز كل جزء منها بأنه ذو انحدار واحد . فيكون عندنا مناطق انحدارها ١ : ٣٠ وأخرى ١ : ٤٠ وهكذا . وهذه الطريقة مفيدة فى دراسة تأثير عوامل النحت والتعرية والفيضانات وغيرها من الظواهر الطبيعية على سطح الأرض .

٤ — عند قياس انحدار سطح الأرض بهدف إنشاء طريق ، فإن الانحدارات تقاس على جانبي الطريق . وفى هذه الحالة يجب أن تكون القياسات من واقع نقط المناسيب Spot-heights وليس عن طريق الاستعانة بخطوط الكنتور .

# رسم الخرائط الكنتورية بمعرفة درجة انحدار سطح الأرض

باستخدام المعادلات السابقة يمكننا أن نرسم خريطة كنتوريه لأية منطقة محدودة المساحة ومنتظمة الانحدار . وفى هذه الحالة يجب أن نعرف أولا الحقائق التالية :

١ — انحراف الاتجاهات المختلفة للمنطقة ، ونحصل عليها من الطبيعة باستخدام البوصلة المنشورية ونوقعها على الخريطة باستخدام المنقلة

٢ — درجة الانحدار بالنسبة لكل اتجاه ، ونحصل عليها من الطبيعة بواسطة جهاز الكلينوميتر .

٣ ـ المسافة الأفقية بين كل خطى كنتور متتاليين فى كل اتجاه على حدة ، ويمكن تحديدها من واقع المعادلة السابقة وهى أن المسافة الأفقية = $\frac{\text{الفاصل الرأسى} \times ٦٠}{\text{درجة الانحدار}}$ .

٤ الفاصل الرأسى الذى يتم تحديده على أساس الغرض من استخدام الخريطة نفسها .

مثال :

إنحرافات تل فى تسعة اتجاهات هى ٣٦٠° — ٤٧° - ٩٩° — ١٣٠° — ١٨٢° — ٢٠٧° — ٢٤٩° — ٢٩٣° — ٣٢٥° ، ودرجة الانحدار على طول كل اتجاه بنفس الترتيب هى : ٧° — ٦° — ٨° - ٥° — ٤° — ٥° — ٦° — ٧° — ٨° . والمطلوب رسم خريطة كنتورية لهذا التل بمقياس رسم ١/٠٠٠و١٠٠ وبفاصل رأسى قدره مائة متر مع ملاحظة أن قمة هذا التل يصل ارتفاعها إلى ٨٠٠ متر وقاعدته إلى ١٠٠ متر .

خطوات الحل:

١ — نضع نقطة فى وسط الورقة التى سنرسم عليها الخريطة وتمثل هذه النقطة قمة التل.

٢ - نحدد انحرافات كل اتجاه عن اتجاه الشمال إبتداء من النقطة التى وضعناها فى منتصف الورقة ، فنرسم انحراف الاتجاه الأول عن الشمال ؛ ٣٦٠° أى أنه هو نفسه اتجاه الشمال ، والثانى ينحرف عن الشمال بزاوية مقدارها ٤٧° أى أن هذا الخط ينحرف صوب الشمال الشرق وهكذا .

٣ — نحدد المسافة الأفقية بين كل خطى كنتور فى كل اتجـــاه من الاتجاهات التسعة المذكورة . ولتحديد هذه المسافة نستعرض عناصر المعادلة السابقة لنرى أى العناصر متوافر فى السؤال وأيها ناقص ، فالفاصل الرأسى ثابت ومحـــدد بمائة متر ، ودرجة الانحدار مذكورة بالنسبة لكل اتجاه ورقم ( ٦٠ ) ثابت لا يتغير . وتبقى لدينا المسافة الأفقية ، فنقوم بحسابها بالنسبة لكل اتجاه .

٤ — بعد أن نحصل على المسافة الأفقية نضرب هذه المسافة فى عدد خطوط الكنتور لنحصل على طول كل اتجاه فى الخريطة . ففى المثال الذى نحن بصدده نجد أن قمة التل ترتفع حتى ٨٠٠ متر وقاعدته تصل إلى ارتفـــاع ١٠٠ متر ، أى أن الفارق بينهما يبلغ ٨٠٠ — ١٠٠ = ٧٠٠ وبما أن الفاصل الرأسى هو ١٠٠ متر، إذن عدد خطوط الكنتور بالخريطة هو $\frac{٧٠٠}{١٠٠}$ = ٧ . فإذا كانت المسافة الأفقية فى الاتجاه الأول مثلا هى ٨و٠ سم فإن طول هذا الاتجاه = ٨و٠ × ٧ = ٦و٥ سم . فنرسم الخط الأول بهذا الطول نقسمه إلى سبعة أجزاء طول كل جزء منها ٨و٠ سم .

٥ — ونحسب المسافة الأفقية فى هذا المثال على النحو التالى :

المسافة الأفقية = $\frac{\text{الفاصل الرأسى} \times ٦٠}{\text{درجة الانحدار}}$ .

المسافة الأفقية فى الاتجاه الأول = $\frac{١٠٠ \times ٦٠}{٧} = \frac{٦٠٠٠}{٧} =$ ٨٥٧ متراً .

المسافة الأفقية فى الاتجاه الثانى = $\frac{١٠٠ \times ٦٠}{٦} = \frac{٦٠٠٠}{٦} =$ ١٠٠٠ متر.

المسافة الأفقية فى الاتجاه الثالث = $\frac{١٠٠ \times ٦٠}{٨} = \frac{٦٠٠٠}{٨} =$ ٧٥٠ متراً.

المسافة الأفقية فى الاتجاه الرابع = $\frac{١٠٠ \times ٦٠}{٥} = \frac{٦٠٠٠}{٥} =$ ١٢٠٠ متر.

المسافة الأفقية فى الاتجاه الخامس $= \frac{١٠٠ \times ٦٠}{٤} = \frac{٦٠٠٠}{٤} = ١٥٠٠$ متر.

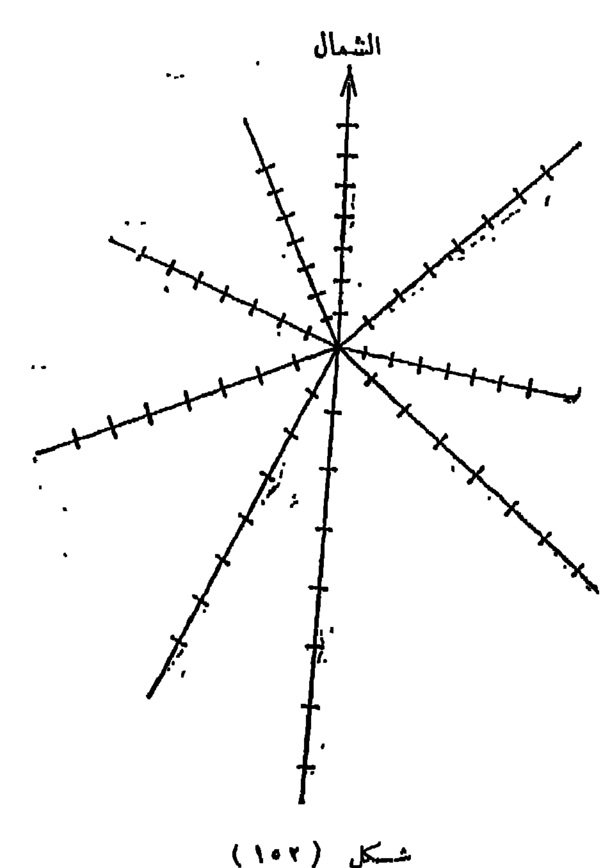
المسافة الأفقية فى الاتجاه السادس $= \frac{١٠٠ \times ٦٠}{٥} = \frac{٦٠٠٠}{٥} = ١٢٠٠$ متر.

المسافة الأفقية فى الاتجاه السابع $= \frac{١٠٠ \times ٦٠}{٦} = \frac{٦٠٠٠}{٥} = ١٠٠٠$ متر.

المسافة الأفقية فى الاتجاه الثامن $= \frac{١٠٠ \times ٦٠}{٧} = \frac{٦٠٠٠}{٧} = ٨٥٧$ متراً.

المسافة الأفقية فى الاتجاه التاسع $= \frac{١٠٠ \times ٦٠}{٨} = \frac{٦٠٠٠}{٨} = ٧٥٠$ متراً.

وبما أن مقياس رسم الخريطة هو ١ : ١٠٠و٠٠٠




شكل (١٥٢)

∴ المسافة الأفقية فى الاتجاه الأول = $\frac{٨٥٧٠٠}{١٠٠٠٠٠}$ = ٨٥و٠ سم .

المسافة الأفقية فى الاتجاه الثانى = $\frac{١٠٠٠٠٠}{١٠٠٠٠٠}$ = ١ سم .

المسافة الأفقية فى الاتجاه الثالث = $\frac{٧٥٠٠٠}{١٠٠٠٠٠}$ = ٧٥و٠ سم .

المسافة الأفقية فى الاتجاه الرابع = $\frac{١٢٠٠٠٠}{١٠٠٠٠٠}$ = ٢و١ سم .

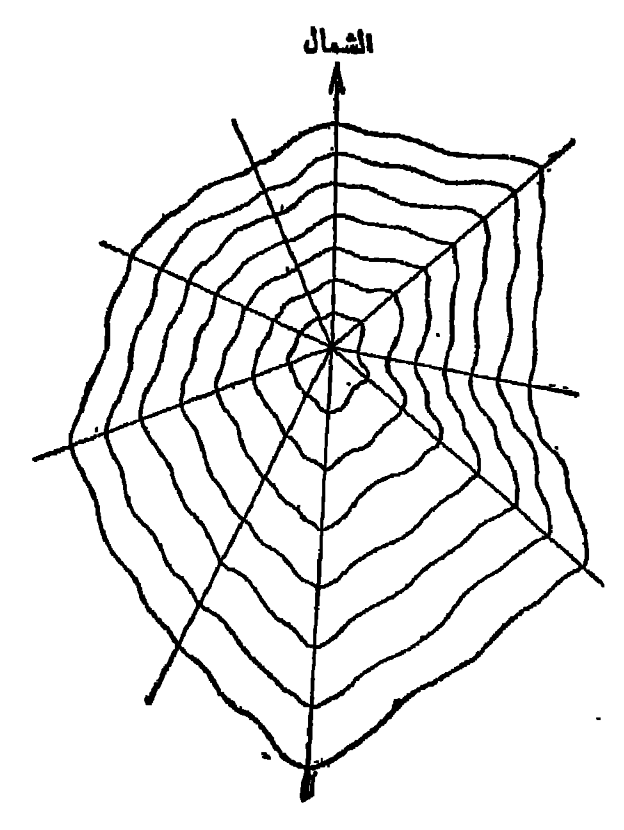
المسافة الأفقية فى الاتجاه الخامس = $\frac{١٥٠٠٠٠}{١٠٠٠٠٠}$ = ٥و١ سم .

المسافة الأفقية فى الاتجاه السادس = $\frac{١٢٠٠٠٠}{١٠٠٠٠٠}$ = ٢و١ سم .

المسافة الأفقية فى الاتجاه السابع = $\frac{١٠٠٠٠٠}{١٠٠٠٠٠}$ = ١ سم .

المسافة الأفقية فى الاتجاه الثامن = $\frac{٨٥٧٠٠}{١٠٠٠٠٠}$ = ٨٥و٠ سم .

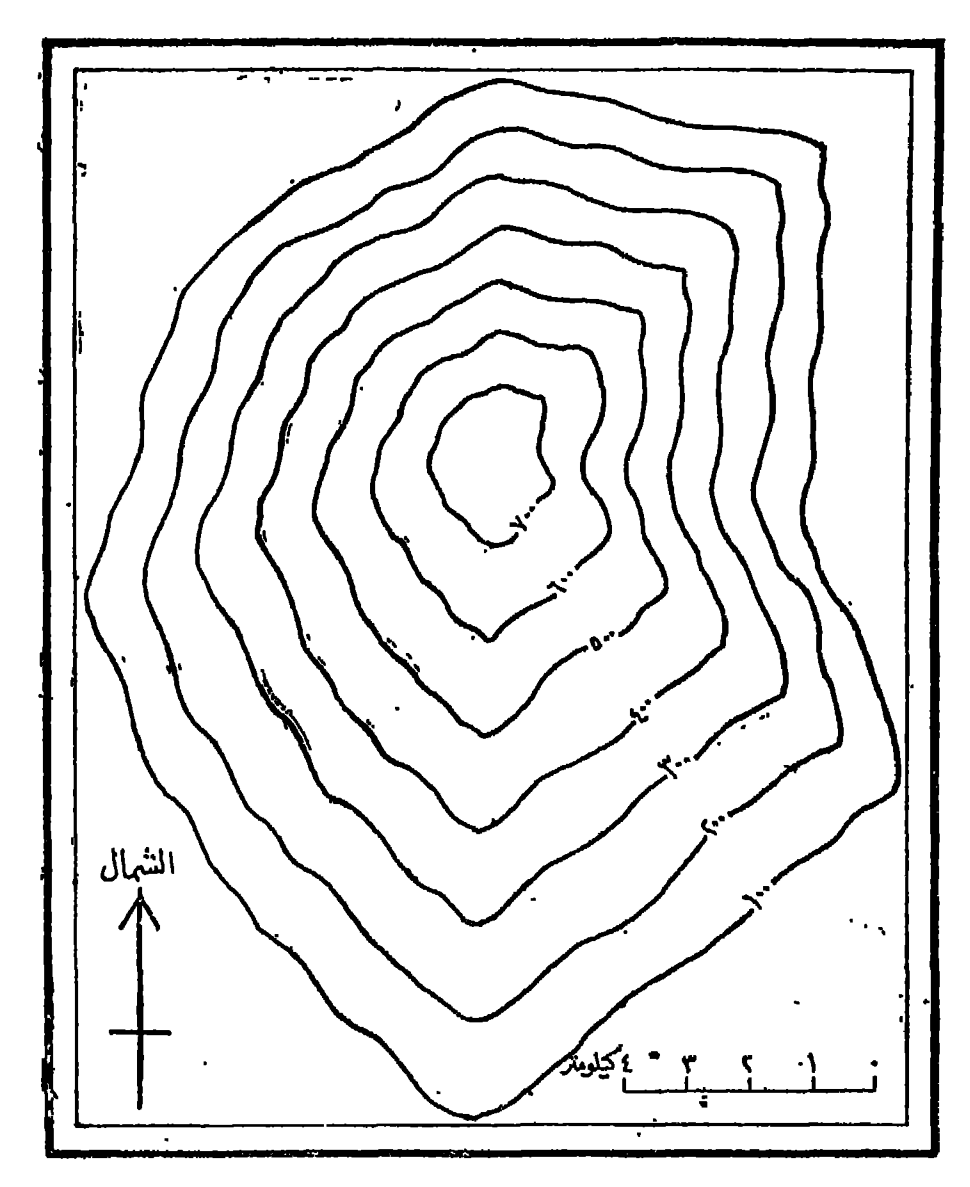
المسافة الأفقية فى الاتجاه التاسع = $\frac{٧٥٠٠٠}{١٠٠٠٠٠}$ = ٧٥و٠ سم .




شكل(١٠٣)

٦ — بعد أن حددنا المسافة الأفقية بين كل خطى كنتور فى كل اتجاه من الاتجاهات التسعة فإننا نقوم بتحديد طول كل اتجاه على أساس أن هذا الطول عبارة عن حاصل ضرب المسافة الأفقية لكل اتجاه فى عدد خطوط الكنتور .

∴ طول الاتجاه الأول = ٠٫٨٥ × ٧ = ٥٫٩ سم .
« « الثانى = ١ × ٧ = ٧ سم .
« « الثالث = ٠٫٧٥ × ٧ = ٥٫٢ سم .
« « الرابع = ١٫٢ × ٧ = ٨٫٤ سم .
« « الخامس = ١٫٥ × ٧ = ١٠٫٥سم .
« « السادس = ١٫٢ × ٧ = ٨٫٤ سم .
« « السابع = ١ × ٧ = ٧ سم .
« « الثامن = ٠٫٨٥ × ٧ = ٥٫٩ سم .
« « التاسع = ٠٫٧٥ × ٧ = ٥٫٢ سم .




شكل (١٥٤)

فنرسم الاتجاه الأول (٣٦٠°) بطول ٩,٥ سم . ونقسمه إلى سبعة أقسام طول كل قسم منها ٨,٠ سم . والاتجاه الثانى (٤٧°) بطول ٧ سم . ونقسمه إلى سبعة أقسام طول قسم منها ١ سم . وهكذا فى بقية الاتجاهات (شكل ١٥٢) .

٧ — نوصل بين خطوط التقسيم فى كل اتجاه فنحصل على الخطوط الكنتورية (شكل ١٥٣) .

٨ — نحذف خطوط الاتجاهات الساعدة ويمكن حذف خط الشمال أو الاحتفاظ به سواء فى الخريطة الكنتورية نفسها أو خارجها ولكن داخل الإطار الذى يحددها .

٥ — نرفق الخريطة بمقياس خطى ١:٠٠٠و١٠٠ ونقوم بترقيم خطوط الكنتور فنحصل بذلك على خريطة كنتورية لهـــذا التل بمقياس رسم ١/٠٠٠و١٠٠ وبفاصل رأسى ١٠٠ متر (شكل ١٥٤).

## رسم الطرق بمعرفة درجة الانحدار

إن قياس درجة انحدار سطح الأرض ضرورى جـداً عند رسم الطرق أو خطوط السكك الحديدية ، لأن الطرق لا يمكن أن تتعامد على خطوط الكنتور إذا كانت هذه الأخيرة تتقارب من بعضها بشدة دلالة على شدة الانحدار . لأن الطرق المستخدمة فى النقل يجب أن تتميز بانحدار معين يسمح بسهولة الحركة عليها . ومن ثم فإنه يمكننا أن نرسم مشروعات خطوط الطرق على الخرائط الكنتورية مع مراعاة درجة انحدار تسمح بسهولة الحركة على الطريق .

مثال : —

إرسم طريقاً برياً على الخريطة الكنتورية الآتية على أن يكون معدل انحدار الطريق هو $\frac{1}{150}$ وذلك فيما بين النقطتين (أ) ، (ب) الموضحتين على الخريطة ، مع العلم بأن مقياس رسم الخريطة هو ١/٠٠٠و١٠٠ .

خطوات الحل:

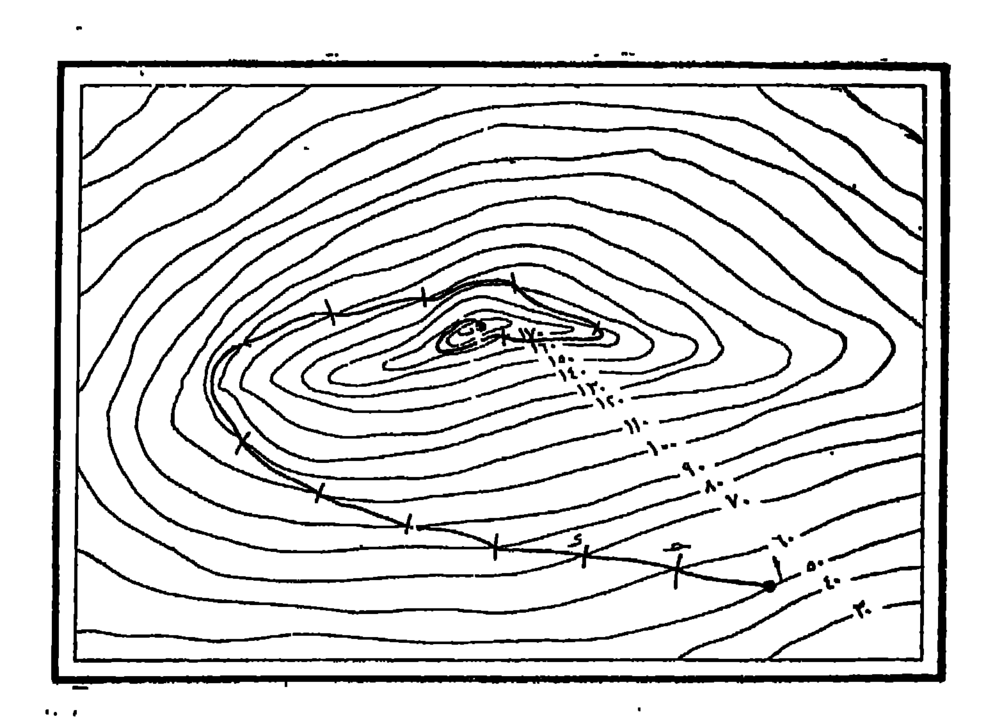
١ — بما أن مقياس رسم الخريطة هو ١ : ٠٠٠و١٠٠ فمعنى ذلك أن الطريق ينحدر عشرة أمتار فى كل ١٥٠٠ متر ، أى أن طول الطريق بين كل خطى كنتور متتاليين هو ١٥٠٠ متر ، فيصبح معدل الانحدار على هذا الأساس هو $\frac{1}{150}$ أى متر فى كل ١٥٠ متراً أو عشرة أمتار فى كل ١٥٠٠ متر .

٢ — نفتح الفرجار فتحة طولها ٥و١ سم . لتتناسب مع طول الـ ١٥٠٠ متر بمقياس رسم الخريطة وهو ١/٠٠٠و١٠٠ ، ونضع السن الحديدى للفرجار عند نقطة (أ) وهى بداية الطريق ونحركه فى كل الاتجاهات صوب خط الكنتور الأعلى (٦٠ متر) حتى

يتقاطع مع هـذا الخط فى نقطة (حـ) مثلا ، فنضع علامة تدل على أن الطريق بين نقطة (ا) ونقطة (ب) سيمر من النقطة الأولى إلى الثانية بنقطة (حـ) عند منسوب (٦٠ متر).

٣ — بعد ذلك ننقل السن الحديدى للفرجار ونضعه فى نقطة (حـ) ونحرك الطرف الآخر للفرجار صوب خط الكنتور الأعلى (٧٠ متر) حتى يتقاطع مع هذا الخط فى نقطة (ء) مع الاحتفاظ بنفس فتحة الفرجار (٥و١سم) كما فى (الشكل ١٥٥)

٤ — نوصل بين نقطتى (حـ) ، (ء) بخط مستقيم فيصبح هو الخط الذى يبين سير الطريق بين منسوب (٦٠ متر) ومنسوب (٧٠ متر).




شـكل (١٥٥)

٥ — نكرر هذه العملية بالنسبة لجميع خطوط الكنتور حتى نصل إلى نقطة (ب) وهى نهاية الطريق ، فنحصل فى النهاية على خريطة توضح طريقاً بين نقطتى (ا) ، (ب) بمعدل انحدار بـ $\frac{١}{٢٥}$ كما يوضحه (الشكل ١٥٥).

# مقياس رسم الانحدار

من واقع النتائج التى توصلنا إليها عند دراستنا لكيفية حساب معدل انحدار سطح الأرض يمكننا أن نرسم مقاييس رسم للانحدارات Scales of slopes تساعدنا على معرفة درجة انحدار سطح الأرض بين خطوط الكنتور بالاستعانة بمقياس خطى للانحدارات يشبه مقياس الرسم الخطى ويرفق بالخريطة .

**مثـــال : —**

المطلوب إنشاء مقياس للانحـــدارات Scale of gradients للخريطة الآتية المرسومة بمقياس رسم ١ : ٦٣٣٦٠ وبفاصل رأسى قدره خمسون قدماً .

**خطوات الحـل :**

١ — بما أن مقياس رسم الخريطة هو ١ : ٦٣٣٦٠ أى بوصة لكل ٦٣٣٦٠ بوصة، فإن البوصة الواحدة على الخريطة تمثل ٥٢٨٠ قدماً على الطبيعة .

٢ — بالنسبة لانحـدار ١/٢٠ مثلا نجد أن :

$$\text{درجة الانحدار} = \frac{\text{الفاصل الرأسى}}{\text{المسافة الأفقية}} = \frac{١}{٢٠}$$

$$= \frac{؟}{٥٢٨٠}$$

$$= \frac{٢٦٤}{٥٢٨٠}$$

أى أن الفاصل الرأسى الذى توضحه البوصة الواحدة على الخريطة بانحدار ١/٢٠ هو ٢٦٤ قـــدماً .

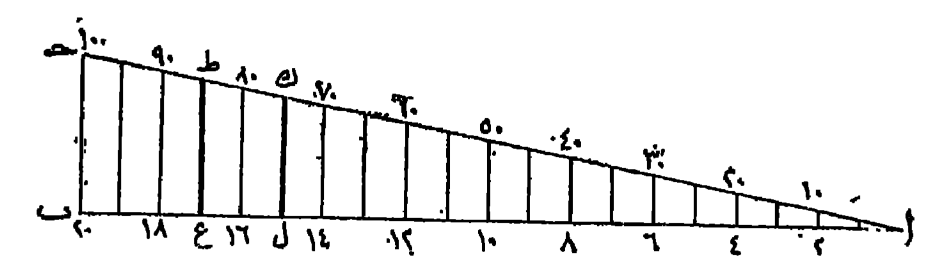
٣ — ∵ ٢٦٤ قدماً على الطبيعة تمثل على الخريطة ببوصة واحدة .

∴ ٢٥٠ قدماً على الطبيعة تمثل على الخريطة ← ؟

$$\therefore \text{ ٢٥٠ قدماً على الطبيعة } = \frac{١ \times ٢٥٠}{٢٦٤} = ٠٫٩٤٧ \text{ بوصة .}$$

٤ — نرسم الخط الأفقى ( ا ب ) بأى طول نختاره ثم نقسمه إلى عشرين قسماً متساوياً على أساس أن الانحدار هو $\frac{١}{٢}$ ، ثم نقيم على أحد طرفيه عموداً ( ب حـ ) بطول ٠٫٩٤٧ بوصة ليمثل فاصلا رأسياً مقداره ٢٥٠ قدماً .

٥ — نوصل النقطتين ( ا ) ، (حـ) ، فنحصل على خطين أساسيين : ( ا ب ) ويمثل قاعدة مقياس خطى للانحدارات على أساس فاصل رأسى قدره ٢٥٠ قدماً ، والخط ( ا حـ ) الذى يمثل قاعدة مقياس خطى للانحدارات على أساس فاصل رأسي قدره ٢٥٠ قدماً .

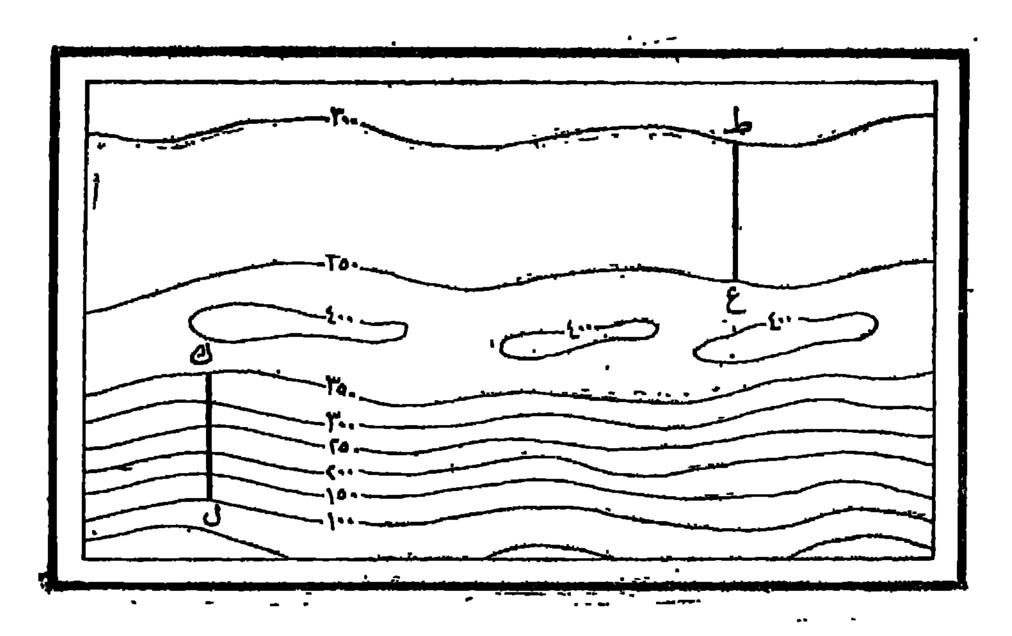



( شكل ١٥٦ ) مقياس رسم الانحدارات

٦ — نقيم أعمدة رأسية عند نقط تقسيم الخط ( ا ب ) لتلتقى بالخط ( ا حـ ) وهذه الأعمدة تستخدم كمقياس للمسافات الأفقية .

٧ — نقيس الانحدارات ما بين ( $\frac{١}{١}$ ) ، ( $\frac{١}{٢٠}$ ) على الخط ( ا ب ) مستخدمين فاصلا رأسياً قدره ٢٥٠ قدماً ، وتقاس الانحدارات ما بين ( $\frac{١}{٢٠}$ ) ، ( $\frac{١}{٢٠٠}$ ) على الخط ( ا حـ ) باستخدام فاصل رأسى قدره ٥٠ قدماً .

٨ — لاستخدام المقياس نقيس المسافة (ط ع) باستخدام حافة ورقة أو فرجار و نفتحه فتحة تساوى المسافة (ط ع ) ونحرك أحد سنى الفرجار على الخط ( ا ب ) [لأن الفاصل الرأسى ٢٥٠ قدماً ] حتى يلتقى السن الآخر بالخط ( ا حـ ) ، فيمثل العمود الرأسى الذى توقف عنده الفرجار المسافة الأفقية ( ط ع ) ، فنقرأ على الخط الأسفل ( ا ب ) درجة الانحدار وهى ١٧، أى أن الانحدار بين (ط) ، ( ع ) هو $\frac{١}{١٧}$ .




شكل (١٥٧)

٩ — وبالمثل لمعرفة درجة الانحدار بين نقطتى (ك) ، (ل) تقيس هذه المسافة بفرجار وتحرك أحد سنى الفرجار على طول الخط (ا حـ) [لأن الفاصل الرأسى ٥٠ قدماً] حتى يلتقى السن الآخر بالخط (ا ب) فيمثل العمود الرأسى الذى توقفت عنده حركة الفرجار المسافة الأفقية (ك ل) فنقرأ على الخط العلوى (ا حـ) درجة الانحدار وهى ٧٥ أى أن درجة الانحدار بين النقطتين (ك) ، (ل) هى $\frac{1}{75}$ .

## طريقة تمثيل انحدار سطح الأرض على خرائط التضاريس

رأينا كيف يمكن الاستفادة من معرفة درجة الانحدار من منطقة إلى أخرى فى إنشاء الخرائط الكنتورية للمناطق المنتظمة الانحدار والمحدودة المساحة ، كما تناولنا بالشرح بعض طرق تمثيل انحدار سطح الأرض فى مجموعة من المنحنيات البيانية Curves التى كان أهمها المنحنى الكلينوجرافى ولكننا عندما نتناول بالتحليل والدراسة أى منطقة من سطح الأرض فإن سؤالا أولياً يقفز عادة إلى الأذهان وهو : هل هذه المنطقة مسطحة Flat أم تليه Hilly أم جبلية Mountainous ، وبمعنى آخر فإن أول ما يتبادر إلى أذهاننا هو السؤال عن طبيعة سطح الأرض Lay of the land نفسها .

وسنتناول فى هذا الجزء من كتابنا كيفية تمثيل انحدار سطح الأرض على خرائط التضاريس، وسنقتصر على شرح ثلاث طرق فقط وهى : —

## أولا : — طريقة سميث : Smith's method

إن معرفة العلاقة التى تربط بين المناطق المرتفعة والمنخفضة فى منطقة معينة وربطها ببعضها كثيراً ماتخدم أغراض الجغرافيا الطبيعية . وقد أطلق جى هارولد سميث [1] إسم « التضاريس النسبية Relative Relief » أو « التضاريس المحلية Local Relief » على هذه العلاقة .

وتتلخص طريقته التى طبقها على ولاية أوهايو الأمريكية فى أنه أحضر خريطة كنتورية للولاية بمقياس رسم ١ : ٦٠٠٠٠٠ وقسم سطحها إلى مستطيلات طول كل ضلع منها خمس دقائق بالنسبة لكل من درجات الطول ودرجات العرض وتمثل تقريباً ٤٠ر٤،٧٥ر٥ ميلا على الطبيعة،وإن كانت هذه المقاييس تختلف بالطبع من شمال الولاية إلى جنوبها ولكن بنسبة غير محسوسة وذلك بسبب كروية سطح الأرض .

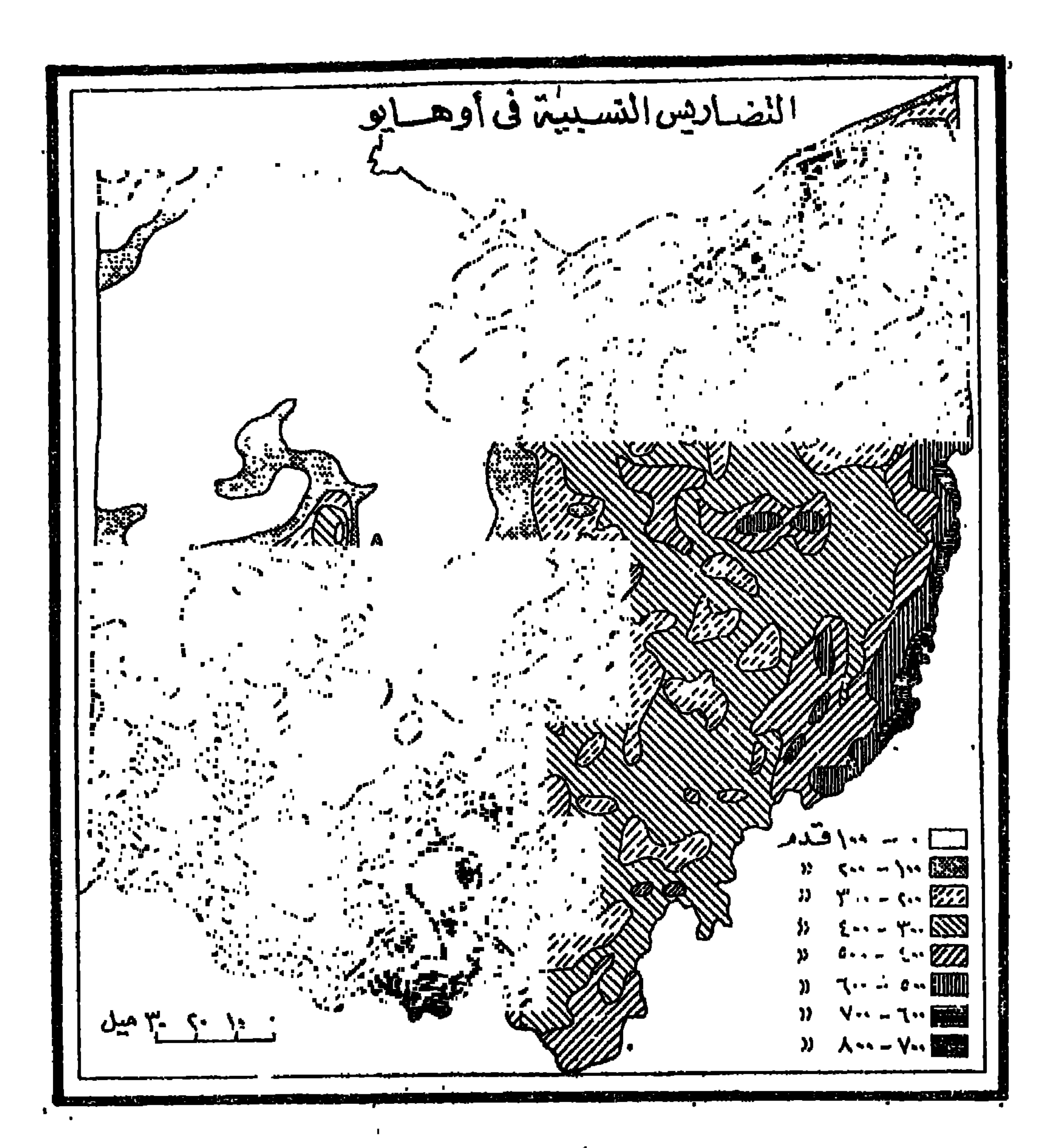
بعد ذلك قام بحساب الفرق بين أعلى نقطة وأدنى نقطة فى كل مستطيل من الألفى مستطيل التى اشتملت عليها الخريطة ، ثم وضع هذه الأرقام فى وسط المستطيلات .

ثم وصل بين النقط المتساوية فى الفروق بخطوط تساوى Isopleths بنفس الطريقة التى رأينا بها كيفية رسم خطوط الكنتور،وذلك بفاصل رأسى قدره ١٠٠ قدم .

وقد استخدم سميث التظليل لإبراز المناطق ذات التضاريس المتشابهة بتغطية الخريطة بـ ٨ درجات من التظليل بفاصل رأسى قدره ١٠٠ قدم كما فى (الشكل ١٥٨ ) .

---

(1) Smith (G.H.). The Relative Relief of Ohio. Geog. Rev., Vol. 25, 1935, pp. 272—284




شكل ( ١٥٨ )

وأجرى سميث دراسة أوسع من ذلك بأن قام بقياس مساحة كل أقليم تضاريسى Relief province من أقاليم الخريطة الثمانية ( أى من صفر – ١٠٠ قدم ، من ١٠٠ إلى ٢٠٠ قدم ، وهكذا ) ونسبه إلى جملة مساحة الولاية البالغة ٤١٢٦٣ ميلا مربعاً وذلك لمعرفة مدى تعقد تضاريس الولاية .

## ثانياً : ـ طريقة رويس وهنرى : Raisz and Henry method

بعد أن نجحت الطريقة التى استخدمها سميث فى تمثيل درجة انحدار سطح الأرض على خرائط التضاريس مستخدماً فكرة خطوط التساوى، حاول كل من إروين رويس وجويس هنرى (١) تطبيق فكرة سميث على منطقة فى شرق الولايات المتحدة تتكون من ثلاث ولايات هى : ماساتشوستس ، رود أيلند ، كنيتيكت ، ولكن النتيجة لم تكن مرضية .

فلجأ الباحثان إلى استخدام مربعات لا تزيد مساحة كل منها على ميل مربع ، حتى يتلافيا العيوب التى ظهرت فى الطريقة الأولى ، ولكن النتيجة كانت الحصول على خريطة ذات ترقيم معقد Complex patchwork لا يمكن أن توضح أنماط التضاريس الرئيسية .

فحاولا بعد ذلك تقسيم الخريطة إلى أجزاء غير متساوية المساحة توضح تقريباً نفس التضاريس ، مع فصل التضاريس المنفردة مثل الجبال وغيرها من الظاهرات البارزة التى قد تؤثر على النتيجة النهائية لحساب معدلات الانحدار فى كل منطقة منها .

وكانت نتيجه هذه الخريطة أحسن من تطبيق طريقة سميث ولكن الخريطة مع ذلك لم تكن مرضية . ورغم ذلك فقد ظهرت الأقسام التضاريسية الرئيسية واضحة ويمكن إبرازها بسهولة .

وأخيراً توصل الباحثان إلى تطبيق طريقتهما التى عرفت باسمها وهى تقوم على أساس مختلف تماماً ، ويمكن تلخيص هذه الطريقة على النحو التالى :

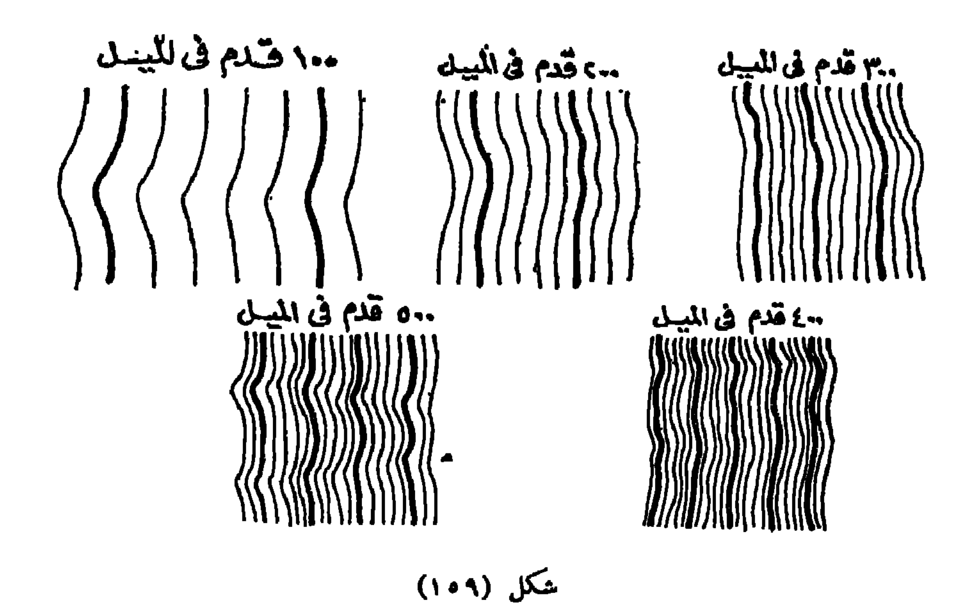
تقسم الخريطة إلى أقسام صغيرة على أساس كثافة خطوط الكنتور فى كل قسم منها . فلو فرض وكان مقياس رسم الخريطة هو ١ : ٦٣٣٦٠ أى بوصة للميل ، فإن الخريطة تقسم إلى أجزاء يبلغ تكاثف خطوط الكنتور فى كل منها قدراً معيناً . أى أنه إذا مرت خلال البوصة الواحدة خمسة خطوط كنتورية وكان الفاصل الرأسى للخريطة هو ٢٠ قدماً مثلا فإن هذه الخطوط الخمسة تمثل انحداراً لسطح الأرض يبلغ ٢٠ × ٥ = ١٠٠ قدم ، أى أن الانحدار فى هذه المنطقة سيكون ١٠٠ قدم للميل الواحد .

---

(1) Raisz (E.) and Henry,(V.) An Average Slope Map of Southern New England, geog. Rev., Vol. 27,1937, pp.467-572.

وبالمثل إذا مرت خلال البوصة الواحدة ( ميل على الطبيعة ) عشرة خطوط كنتورية تمثل انحداراً لسطح الأرض يبلغ ١٠ × ٢٠ = ٢٠٠ قدم فى الميل الواحد ٠

وهكذا فى بقية المناطق حيث يوضح شكل ( ١٥٩ ) مفتاح كثافة الخطوط الكنتورية الذى استخدماه




شكل (١٥٩)

ويستخدم فى تتبع خطوط الكنتور لتحديد كثافتها فرجار نفتحه فتحة تساوى بوصة واحدة ( ميل واحد على الطبيعة ) ثم نقوم بإحصاء عدد الخطوط باستمرار وتحديد مناطق تغير هذه الكثافة .

وتختلف مساحة كل منطقة تبعاً لتعقد التضاريس وإن كان من الواجب تجاهل المناطق الشاذة التى تقل مساحتها عن الميل المربع حتى لا تتسبب فى تشويه الخريطة ٠

وبعد الانتهاء من تحديد تلك المناطق نقوم بتظليلها تظليلا يتناسب مع كثافة خطوط الكنتور التى حولناها إلى درجات للانحدار . وكانت نتيجة طريقة رويس وهنرى خريطة للتضاريس النسبية Relative Relief فى المنطقة التى حددناها والتى يوضحها الشكل (١٦٠) ٠




( شكل ١٦٠ )

## ثالثاً : طريقة روبنسون : Robinson's method

حاول أرثر روبنسون [1] التوصل إلى خريطة تضاريسية دقيقة على أساس كمى تعتمد فى بياناتها على معدلات انحدار سطح الأرض . وتتلخص هذه الطريقة فيما يلى :

يغطى سطح الخريطة بشبكة من المربعات يبلغ مساحة كل مربع منها ١٠ر٠ ميلا مربعاً تبعاً لمقياس رسم الخريطة .

---

(1) Robinson (A), A Method for Producing Shaded Relief from Areal Slope Data, Surveying and Mapping, vol. 8' Washington, 1948.

ثم نقوم بحساب معدل الانحدار فى كل مربع من هذه المربعات ، ونكتب درجة الانحدار وسط كل مربع من هذه المربعات . ثم نقدر لكل انحدار نقطة معينة ، فمثلا يمكننا أن نعتبر أن كل نقطة تمثل مثلا ½° إنحدار

وبعد ذلك نحول الأرقام السابقة إلى نقط ، فنضع فى كل مربع عدداً من النقط يتناسب مع درجة الانحدار التى سبق لنا تقديرها ويجب أن نلاحظ أن توقيع النقط لايتم بطريقة هندسية داخل كل مربع ، بل يتم توقيع النقط بالاستعانة بخريطة طبوغرافية توضح خطوط الكنتور حتى تتخذ النقط طابع الاستمرار Continuity أى تتفق خريطة الانحدار فى تدرج كثافاتها مع خريطة التضاريس

ويجب أن يختار حجم النقط بدقة كبيرة حتى تعطى الإحساس الصادق بتدرج الانحدار بما يتفق مع الواقع، لأن كبر حجم النقطة قد يعطى الإحساس بشدة الانحدار وصغر حجمها قد يوحى بأن الأرض شبه مسطحة .

والمشكلة الحقيقية هنا هى تقدير درجة الانحدار نفسها ، وقد تغلب روبنسون على هذه المشكلة بأن قام بحساب معدل الانحدار من الخطوط الكنتورية التى تتخلل كل مربع من المربعات التى غطى بها خريطته .

* * *

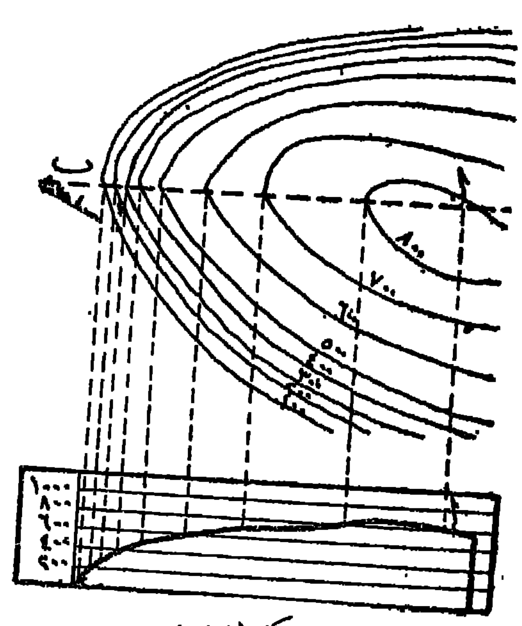
# تحديد الرؤية من الخرائط الكنتورية

هناك عدة طرق لتحديد إمكانية الرؤية بين نقطتين Intervisibility يمكن تلخيصها فيما يلي : —

**( ا ) دراسة خطوط الكنتور :**

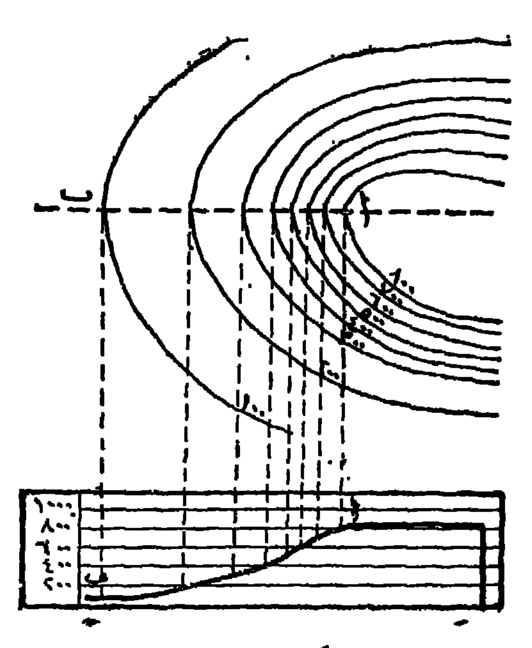
يمكن أن نتبين إمكانية رؤية نقطة معينة من نقطة أخرى من دراسة خطوط الكنتور، من حيث أنها تمثل انحداراً مقعراً Concave أو انحداراً محدباً Convex ·

فإذا كانت خطوط الكنتور تعكس انحداراً محدباً كما فى ( شكل ١٦١ ) فإنه لا يمكن




شكل (١٦١)
الانحدار محدب فلا يمكن رؤية الأرض بين ا ، ب

رؤية إحدى النقطتين ( ا ) أو (ب) كل من الأخرى حيث أن خط النظر الخارج من إحداها لا يصل إلى الأخرى . أما إذا كانت خطوط الكنتور توضح لنا انحداراً مقعراً كما فى ( الشكل ١٦٢ ) فإنه يمكن أن تكشف كل من النقطتين (ا) ، (ب) الأخرى، مالم تكن هناك ظاهرة صغرى Minor feature لا توضحها خطوط الكنتور بسبب كبر الفاصل الرأسي بينها ( الشكل ١٦٢ ) .



شكل (١٦٢)
الانحدار مقعر ويمكن رؤية الارض بين ا ، ب

(ب) طريقة مقارنة الانحدارات :

تعتمد هذه الطريقة على مقارنة الانحدارات بين النقطة التى يقف فيها الشخص والنقطة التى يرغب فى رؤيتها، وبين هذه النقطة وأى عائق بينها، أو بين هذه النقطة وبين هذا العائق ثم بين هذا العائق والنقطة الأخيرة .

مثـــال :

هل يمكن رؤية النقطة (ب) من نقطة (ا) ، علماً بأن المسافة الأفقية بين نقطة (حـ) وكل من (ا) ، (ب) هى ٦٥٠ ياردة ، ٦٠٠ ياردة على الترتيب ؟

خطوات الحل :

١ — درجه الانحدار بين (ا) ، (حـ) = $\frac{\text{١٠٠ قدم}}{\text{٦٥٠ ياردة}}$

$= \frac{١٠٠}{١٩٥٠}$

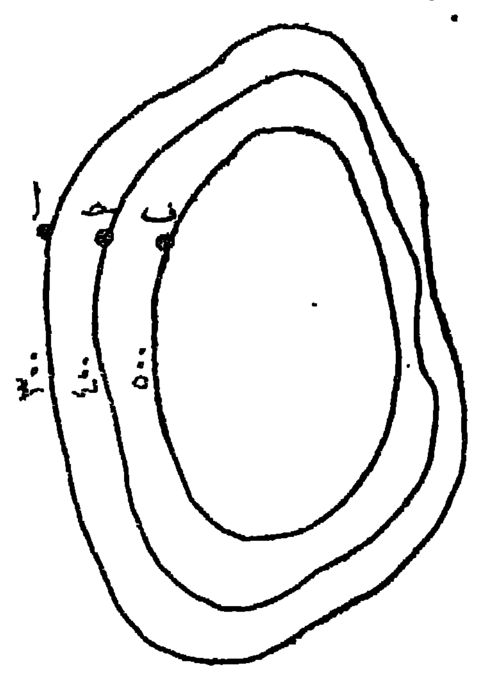
$= \frac{١}{١,٩٥}$

٢ — درجة الانحدار بين (ا) ، (ب) = $\frac{\text{٢٠٠ قدم}}{\text{١٢٥٠ ياردة}}$

$= \frac{٢٠٠}{٣٧٥٠}$

$= \frac{١}{١٨٫٧٥}$

٣ — بما أن الانحدار اح ($\frac{١}{١٩٫٥}$) أصغر من درجة الانحدار ا ب ($\frac{١}{١٨}$)، إذن يمكن رؤية نقطة (ب) من نقطة (ا)




(شكل ١٦٣)

تحديد الرؤية بمقارنة الانحدارات

٤ — درجة الانحدار بين (ح) ، (ب) = $\frac{\text{١٠٠ قدم}}{\text{٦٠٠ ياردة}}$

$= \frac{١٠٠}{١٨٠٠}$

$= \frac{١}{١٨}$

٥ — بما أن درجة الانحدار ا حـ ( $\frac{١}{١٩,٥}$ ) أصغر من درجة الانحدار حـ ب ( $\frac{١}{٣٨}$ ) ، إذن يمكن رؤية نقطة (ب) من نقطة (حـ) .

٦ — مما سبق يمكن أن نخرج بقاعدتين أساسيتين : —

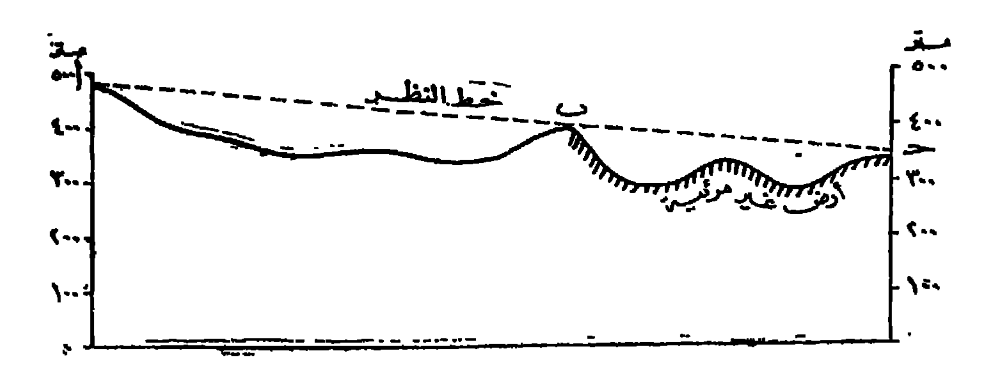
(ا) نوجد الانحدار بين النقطة التى نلاحظ منها (ا) ونقطة متوسطة (حـ) ، ولنرمز لهذا الانحدار بالرمز (ط) . ثم نوجد الانحدار بين النقطة التى نلاحظ منها ا) والنقطة التى نرغب فى رؤيتها (ب) ،ولنرمز لهذا الانحدار بالرمز (ع) . فإذا كانت قيمة (ط) أكبر من قيمة (ع) فإنه لا يمكن رؤية إحدى النقطتين من الأخرى ، أما إذا كانت قيمة (ع) هى الأكبر فإن كلا من النقطتين تكشف الأخرى .

(ب) نوجد الانحدار بين النقطة الأولى (ا) والنقطة المتوسطة (حـ) ، ولنرمز لهذا الانحدار بالرمز (ط) . ثم نوجد الانحدار بين النقطة المتوسطة (حـ) والنقطة الأخيرة (ب)،ولنرمز لهذا الانحدار بالرمز (ك) فإذا كانت قيمة (ط) أكبر من قيمة (ك) فإنه يصبح من المتعذر أن تكشف إحدى النقطتين الأخرى ، أما إذا كانت قيمة (ك) هى الأكبر فإنه يصبح من السهل على الشخص الذى يقف فى نقطة (ا) أن يكشف نقطة (ب) .

٧ — السبب فى هذه العلاقة هو أن الانحدار بين النقطتين يتخذ طبقا لهاتين القاعدتين إما شكلا محدباً فيصبح من المستحيل أن تكشف النقطة الأولى النقطة الثانية ، وإما شكلا مقعراً فيصبح من اليسير أن تكشف كل من النقطتين النقطة الأخرى .

## (حـ) طريقة القطاع :

فى هذه الطريقة نقوم برسم قطاع تضاريسى بين النقطتين المرغوب تحديد طبيعة الرؤية بينهما ثم نرسم خطاً مستقيماً من أول القطاع إلى نهايته ليمثل خط النظر 'Line of Sight' فإذا اصطدم هذا الخط بأى عائق فى طريقه من النقطة الأولى إلى النقطة الثانية ، فإن كل المنطقة الواقعة خلف هذا العائق لا يمكن رؤيتها من النقطة الأولى . أما المنطقة المحصورة بين بداية القطاع وبين النقطة التى يتقاطع فيها خط النظر مع القطاع التضاريسى ، فهى منطقة واضحة ومكشوفة للشاهد من النقطة الأولى . وفى هذه الحالة تصبح الرؤية معدومة بين نقطتى (ب) ، (حـ) .



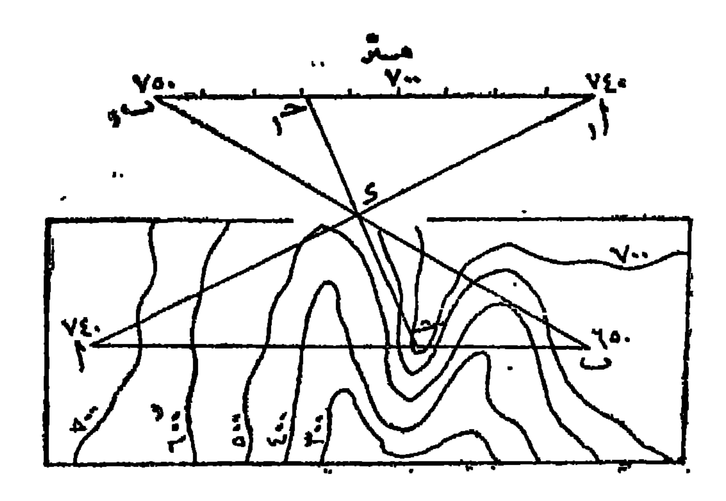

( شكل ١٦٤ )
تحديد الأرض غير المرئية عن طريق القطاع

## (د) طريقة المثلثات المتشابهة : Similar Triangles

هذه طريقة دقيقة وسريعة تعتمد على مبدأ المثلثات المتشابهة . ففى الخريطة الكنتورية الموضحة فى ( شكل ١٦٥ ) هل يمكن رؤية النقطة ( ا ) من نقطة (ب) ؟

لتطبيق هذه الطريقة نحدد ارتفاع كل نقطة منها إما بالنسبة لأقرب خط كنتور أو على أساس نقطة مناسيب دقيقة . فإذا بلغ ارتفاع النقطة ( ا ) ٧٤٠ متراً والنقطة(ب)٦٥٠ متراً فإننا نرسم الخط الأفقى ( ا ب ) ، ثم نرسم خطاً موازياً له خارج الشكل وليكن الخط ( ا١ ب١ ) ونقسمه إلى عدد من الأقسام يتناسب مع الفارق فى منسوب النقطتين ، أى أننا نقسمه إلى تسعة أقسام يمثل كل منها عشرة أمتار ، ثم نوصل ( ا١ )، ( ا ) ثم (ب١) ، (ب) فيتقاطعان فى (حـ) .

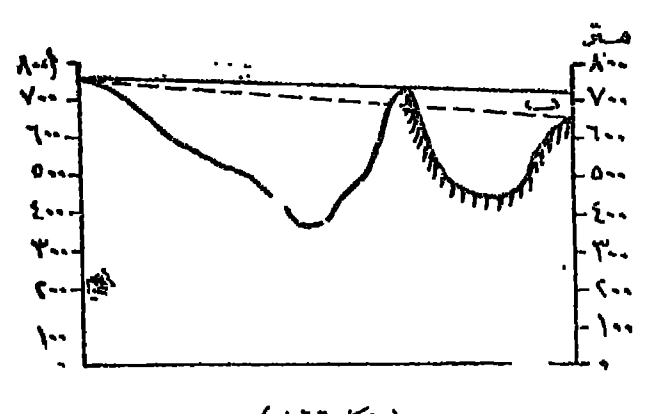
بعد ذلك نقوم برسم خط من نقطة (ى) ـ وهى أعلى نقطه على طول الخط (ا ب) ـ إلى نقطة (حـ ) ونمده على استقامته ليلتقى بالخط ( ب١ ا١ ) فى نقطة ( ى١ ) ، ثم نقرأ موقع نقطة (ى١) على الخط العلوى ، فإذا كانت قراءتها أكبر من منسوب نقطة العائق (ى) ، فإن كلا من النقطتين تكشفان بعضهما . أما إذا كانت قراءة النقطة (ى١) على الخط ( ا١ ب١ ) أقل من منسوب النقطة ( ى )، فإنه لايمكن رؤية النقطة (ب) من نقطة (ا) حيث أن العائق ( ى ) يحول دون تلك الرؤية .




( شكل ١٦٥ )

تحديد المناطق غير المرئية باستخدام طريقة المثلثات المتشابهة

ويمكن أن يتأكد الأمر لدينا من القطاع الذى يوضحه ( شكل ١٦٦ ) — وهو قطاع تضاريسى على طول الخط ( ا ب )— ومنه نرى أن خط النظر الخارج من نقطة (ا) إلى نقطة ( ب ) يصطدم فى طريقه بالعائق ( ى ) .




( شكل ١٦٦ )

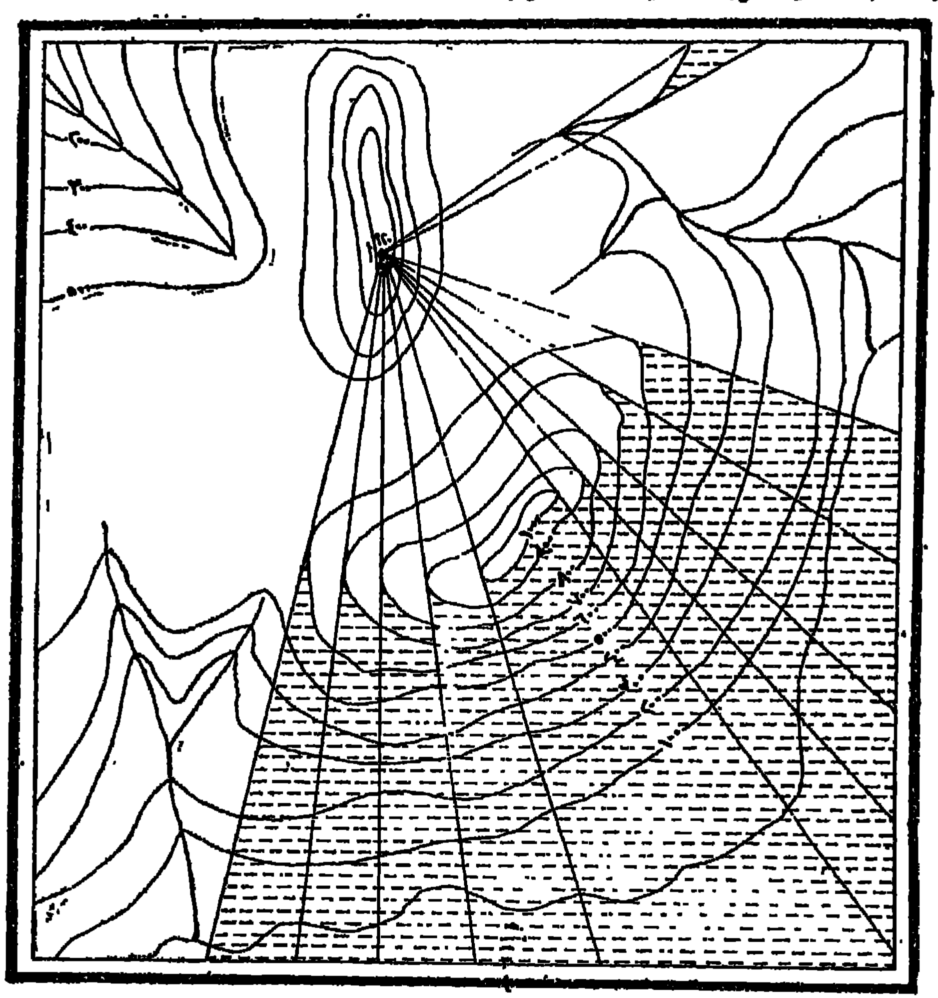
قطاع على طول الخط ا ب لإثبات صحة فكرة المثلثات المتشابهة

## تحديد الأرض غير المرئية على خرائط التضاريس

يقصد بالأرض غير المرئية ( أو الميتة Dead – ground ) هى تلك الأرض التى لا يمكن رؤيتها من نقطة معينة بسبب وجود عائق يحول دون تلك الرؤية .

ويمكن أن نحدد الأرض غير المرئية من واقع قطاع تضاريسى كما هو موضح فى ( شكل ١٦٤ ) حيث نجد أن المنطقة المحصورة بين نقطتى ( ا ) ، (ب) واضحة بالنسبة للشخص الواقف عند نقطة ( أ ) ، بينما المنطقة الواقعة بين نقطتى (ب) ، (حـ) غير واضحة لنفس الشخص فهى إذن منطقة ميتة Dead – ground غير مرئية من نقطة ( ا )

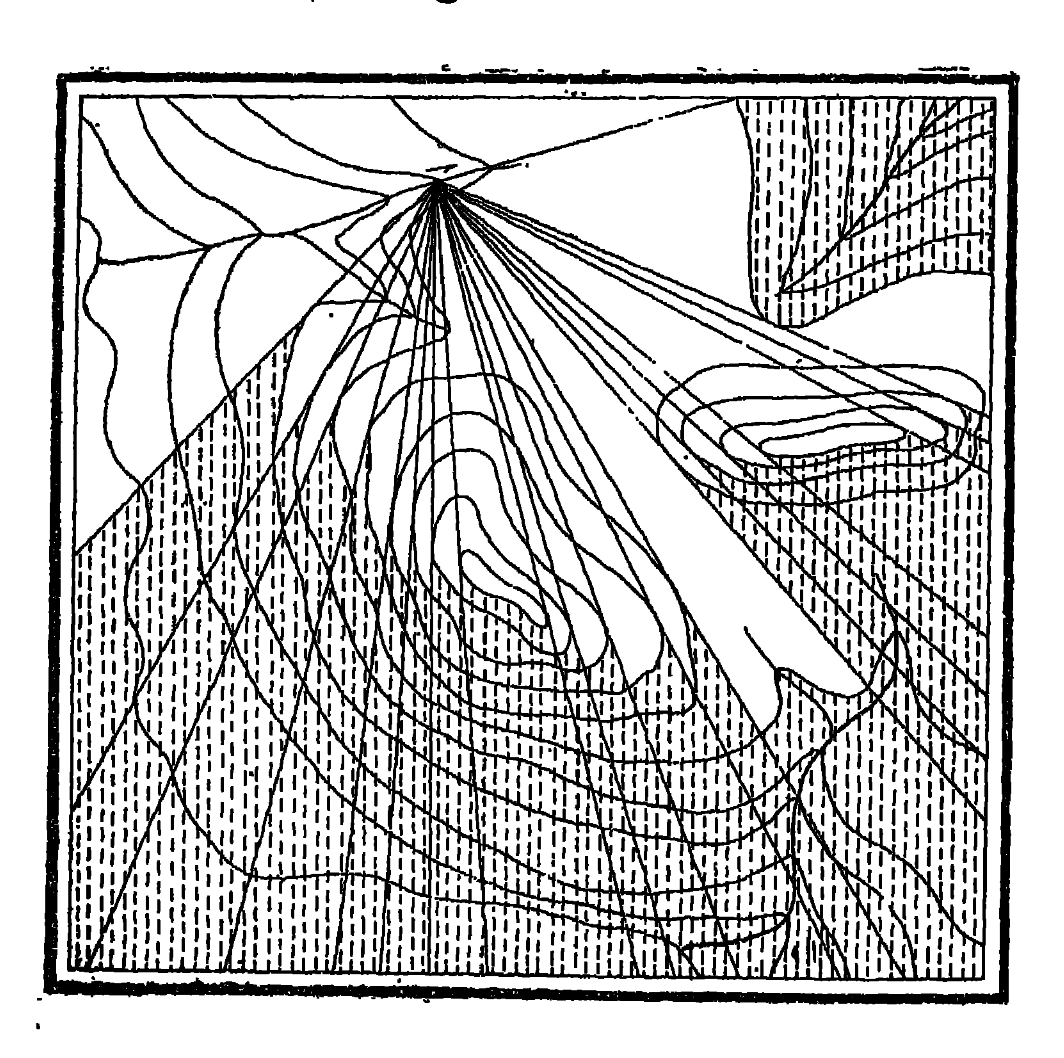
كذلك يمكن تحديد الأرض غير المرئية من نقطة معينة فى خريطة كنتورية ، وبالطبع تختلف المنطقة غير المرئية تبعاً لاختلاف النقطة التى تتم منها عملية الرصد . فعند مقارنة الشكلين ( ١٦٧ ) ، ( ١٦٨ ) وهما لنفس المنطقة نجد أن الأرض الميتة بهما قد اختلفت تبعاً لتغير نقطة ( ا ) فى كل منهما فقد كانت فى الخريطة (١٦٧) عند منسوب ٩٢٠ متراً بينما أصبحت فى الخريطة الثانية عند منسوب ٤٠٠ متر .



( شكل ١٦٧ )

والأصل فى تظليل المناطق غير المرئية هو أننا نفترض خروج أشعة من نقطة الرصد فى جميع الاتجاهات ، أى أنه يخرج من نقطة الرصد ٣٦٠ شعاعاً ويعتبر كل شعاع منها خطاً لقطاع تضاريسى . فإذا أنشأنا قطاعات تضاريسية على طول خطوط الأشعة هذه فإنهاتساعدنا على رسم المناطق غير المرئية من نقطة الرصد .

فى الشكل ( ١٦٧ ) نجد أن الأشعة التى تخرج من نقطة (أ) على منسوب ٩٢٠ متراً تصطدم فى طريقها نحو الجنوب الشرقى بمنطقة يبلغ ارتفاعها ١٠٠٠ متر ، فتحجب هذه المنطقة الأكثر ارتفاعاً كل المناطق التالية لها والتى تتدرج فى انخفاضها حتى ساحل البحر .



( شكل ١٦٨ )

وبالمثل فإن الأشعة التى تخرج من نفس النقطة وتصطدم بخط كنتور ٩٠٠ متر نجد أن هذا الخط يحجب الرؤية عن نقطة الرصد فيما وراءه ، أى لا تظهر كل المناطق التى تنخفض من هذا الارتفاع فى ذلك الاتجاه حتى ساحل البحر ، وهكذا فى بقية الخطوط فنقوم بتظليل كل هذه المناطق التى لا يمكن رؤيتها من نقطة الرصد .

أما فى الشكل ( ١٦٨ ) فإننا نجد أن نقطة الرصد قد تغيرت وانتقلت إلى منسوب ٤٠٠ متر، ومن ثم فقد تغيرت المناطق التى لا يمكن رؤيتها من نقطة الرصد .

فالأشعة التى تخرج من نقطة الرصد فى إتجاه الشمال مثلا ترتفع حتى تصل إلى منسوب ٥٠٠ متر ثم ينخفض سطح الأرض بعد ذلك حتى منسوب أقل من مائة متر فلا تظهر كل هذه المناطق بالنسبة للشخص الواقف فى نقطة الرصد ( أ ) .

وبالمثل فإن كل منطقة مرتفعة تحجب ما خلفها من المناطق عن أعين الراصد فى نقطة ( أ ) اى أن هذا الشعاع الذى افترضنا أنه يعتبر خط قاعدة لقطاع تضاريسى نفترض أنه يخترق المنطقة فى هذا الاتجاه أو ذاك ، نجده يكشف سطح الأرض طالما كان شكل القطاع شكلا مقعراً ، أما إذا تغير شكل القطاع على طول الشعاع وبدأ يأخذ شكلا محدباً فإن المنطقة التى يغطيها هذا الجزء المحدب تعتبر منطقة ميتة غير مرئية من نقطة ( أ ) .

وقد استخدم بعض الباحثين طرقاً عديدة ودقيقة لتوضيح « الأرض الميتة » على الخرائط الكنتورية ، ليس فقط من وجهة النظر التى شرحناها سابقاً ، ولكن مع الاهتمام بدرجة ميل أشعة الشمس واختلاف هذا الميل من ساعة إلى أخرى من ساعات النهار، فلا يتم تظليل المنطقة بالكامل ولكن يتم تظليل الجزء الذى يختفى وراء خط الكنتور فى الجانب الذى لا يواجه أشعة الشمس . فلم تعد المنطقة التى تهتم الخريطة بتظليلها أرضاً ميتة Dead-ground بل أرضاً تقع فى ظل الشمس Shadow area(١) .

(١) للتوسع فى فهم هذه الطريقة وتطبيقاتها العديدة انظر :

Garnett, (A), Insolation, Topography, and settlement in the Alps, Geog. Rev., Vol. 25, 1935, pp. 601 — 617.

Debenham, (F.), Exercises in Cartography, Glasgow, 1937, pp. 61 — 65.

# رسم البانوراما

البانوراما Panorama هى فن توضيح المنظر الذى يراه المراقب من نقطة معلومة على قطعة من الورق . وإذا تم هذا الرسم بدقة أصبحت له قيمة كبيرة فى إعطاء المراقب صورة شاملة عن طبيعة اللاندسكيب فى المنطقة موضوع الدراسة . ولا يتطلب الأمر ذوقا فنياً Artistic فى الرسم ولكن من الضرورى الإكثار من التمرين على عمل مثل هذا الرسم .

وقد يتبادر إلى الأذهان أن الصورة الفوتوغرافية تغنى عن رسم البانوراما من حيث أن الأولى تمثل وسيلة سريعة ودقيقة للحصول على صورة للمنطقة موضوع الدراسة ، ولكن الرسم الميدانى Field Sketching للبانوراما يحقق فى كثير من الأحيان فوائد تعجز الصورة الفوتوغرافية عن توضيحها . فضلا عن أن رسم الإسكتش من الميدان ليس هو الوسيلة الوحيدة لرسم البانوراما - وإن تكن أكثرها شيوعاً — بل يمكن إجراء مثل هذا الرسم من الصور الفوتوغرافية ومن الخرائط الطبوغرافية أيضاً .

والصور الفوتوغرافية لجزء من سطح الأرض لاتغنى عن رسم البانوراما لعدة أسباب .

١ - نستطيع عند رسم البانوراما أن نركز على المظاهر الهامة فى المنطقة والتى تخدم أغراضنا الدراسية من إجراء مثل هذا الرسم ، وهذا ماقد يخفى على المصور .

٢ — يمكننا عند رسم البانوراما أن نحذف بعض المظاهر التى لاتؤثر فى دراستنا ولكنها تحجب عنا مظاهر أخرى غاية فى الأهمية . فالمظاهر القريبة من عدسة التصوير تحجب حتماً ماخلفها من مظاهر تظهر أصغر حجماً منها بحكم البعد المكانى . فالأشجار والمساكن القريبة من العدسة تحول دون ظهور مظاهر طبيعية أخرى قد يهمنا إبرازها بسبب وقوع تلك الأخيرة بعيداً عن عدسة المصور .

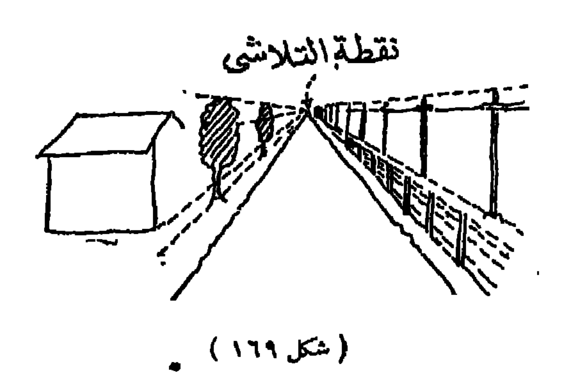
٣ - يمكن أن نضيف إلى رسم البانوراما مايتراءى لنا إضافته من الملاحظات وأسماء المعالم فى المنطقة .

٤ — يتم رسم البانوراما عن طريق خطوط متصلة واضحة line cut ، بينما تعطينا الصور الفوتوغرافية شكل مظاهر سطح الأرض عن طريق الظلال half - tone ، ومما لا شك فيه أن مظاهر سطح الأرض تكون أوضح فى الحالة الأولى منها فى الحالة الثانية .

القواعد التى يجب ملاحظتها عند رسم البانوراما :

١ — يجب الانتفاع بجزء من الوقت المخصص لرسم البانوراما فى دراسة المنطقة بالعين المجردة ، ويجب عمل ذلك قبل إجراء أى تخطيط بالقلم الرصاص على الورق .

٢ — يجب اتباع قواعد الرسم المنظور بقدر الإمكان وخلاصة هذه القواعد أنه كلما كانت المظاهر الطبيعية بعيدة كلما ظهرت صغيرة ، ولذا يجب رسمها صغيرة على الورق . كذلك تظهر الخطوط المتوازية التى تبدأ من موقع الراقب وتمتد بعيداً عنه كما لو كانت تتقارب فى نقطة تسمى نقطة التلاشى Vanishing Point .




( شكل ١٦٩ )

٣ — يجب مراعاة البساطة المتناهية فى رسم البانوراما ، فلا يرسم أى خط على الورق ما لم يقصد به توضيح فكرة معينة تبرر الغرض الذى من أجله رسم هذا الخط .

٤ — يجب رسم المبانى والأشجار والطرق بتخطيط حدودها الخارجية أو بالاصطلاح الخاص بكل منها فليس الهدف من رسم البانوراما هو رسم كل المظاهر الطبيعية والحضارية فى المنطقة على حقيقتها ، بل يكتفى باستعمال الأشكال الاصطلاحية ، كما لا يجب الالتجاء إلى التظليل إلا عند الضرورة .

٥ — يجب استعمال خطوط ثابتة متصلة فى كل الرسم وتجنب الخطوط المتقطعة غير الواضحة .

## (أولا) رسم البانوراما من الطبيعة

قبل البدء فى رسم البارااما يجب تحديد مساحة المنطقة التى ستوضحها البانوراما، وهذه المساحة يحددها دائماً الغرض الذى من أجله يتم رسم البانوراما . وقد أثبتت التجربة أن رسم منطقة قوسها ٣٠° هو أقصى ما يمكن رسمه على ورقة واحدة ، فإذا احتاج الأمر رسم منطقة أكبر فيجب رسم بانورامتين ووصلهما معاً .

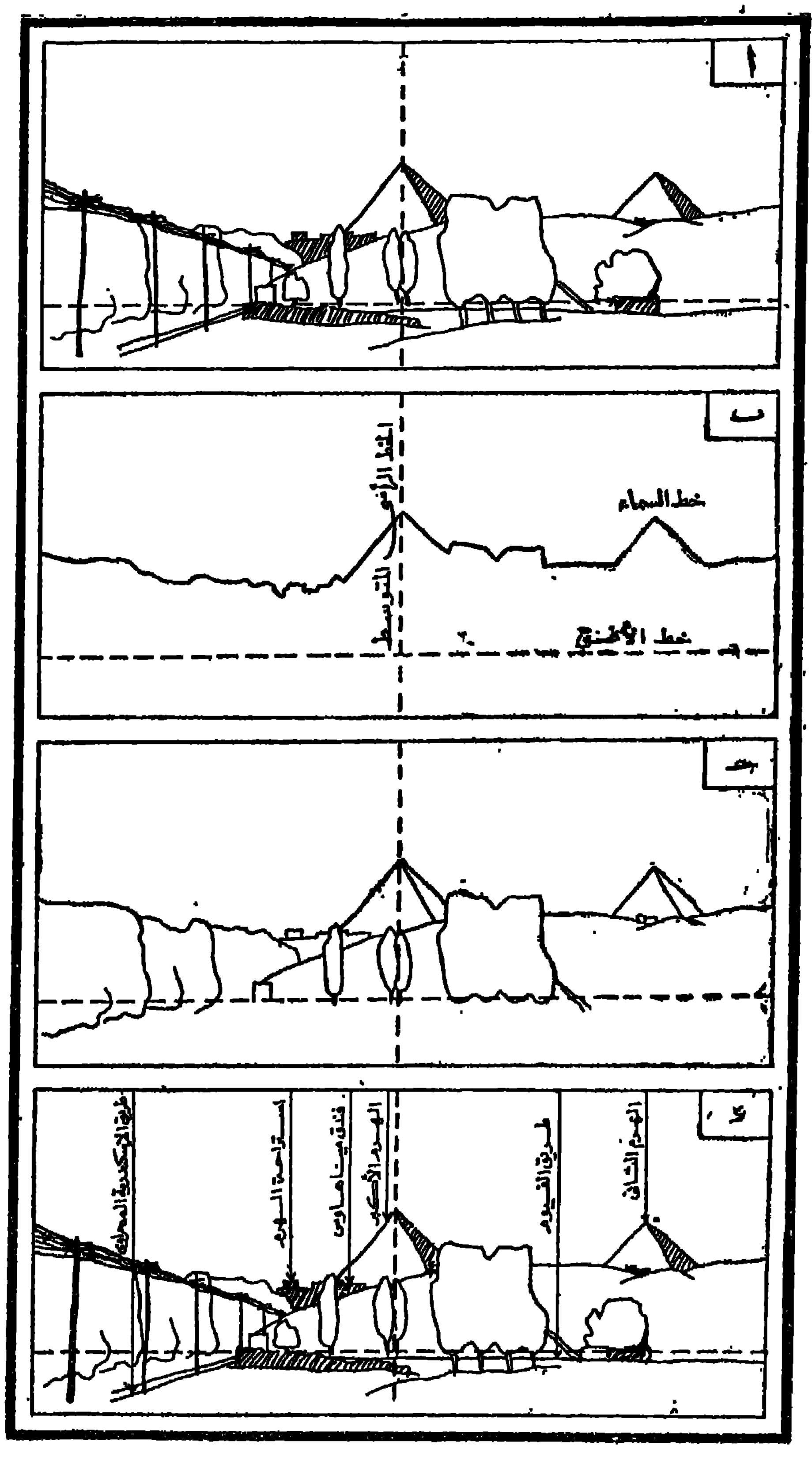
بعد تحديد المنطقة التى سنرسمها نقوم بتحديد الخط الرأسى المتوسط للبانوراما ، وبالتالى أقصى اليمين واليسار لها ، كما نحدد خط الأفق على الورقة . وبعد ذلك نرسم خط السماء مع توضيح قمم الجبال والأشجار . . . الخ، ويجب أن نلاحظ أن خط السماء يكون أعلى من خط الأفق ما عدا فى حالة وجود بحار فإنهما ينطبقان .

أما التفاصيل فإنها ترسم فى المساحة المحصورة بين خط السماء والحافة السفلى للورقة مبتدئين بالأغراض الهامة لإبراز الشكل العام للبانوراما . ثم نكمل التفاصيل التى تقل أهمية مع مراعاة القواعد التى سبق لنا شرحها .

وقبل أن ننهى الرسم يجب أن نشير بأسهم رأسية إلى الأغراض الهامة مع ذكر اسمها وذكر انحراف الخط الرأسى المتوسط وإحداثى نقطة الراصد وتاريخ إجراء الرسم .

ويوضح لنا (الشكل ١٧٠) مراحل رسم البانوراما بشكل أوضح : فى الجزء العلوى (ا) نجد صورة للمنطقة المطلوب رسمها . وأول مرحلة (ب) هى رسم خط الأفق والخط الرأسى المتوسط باعتبارها ظاهرتين أساسيتين يمكن نسبة الظاهرات الأخرى فى المنطقة إليهما، تتبعها المرحلة (حـ) التى توضح التلال القريبة من هذين الخطين والنقط المميزة مثل الطرق والأهرامات وهيا كل المبانى الرئيسية ، ويلى ذلك المرحلة (ء) حيث نضيف التفاصيل التى تتوسط المعالم السابقة ، مثل الأشجار وخطوط التليفون . . . الخ . وبذلك نصل إلى نفس الرسم الموجود فى (ا) وهو الذى يوضح المنطقة المطلوب رسمها .

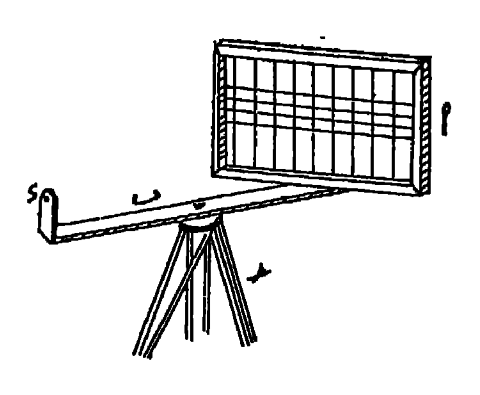
وهناك عدة طرق تمكننا من الحصول على رسم دقيق للاسكتش الذى يعتبر خريطة للمنطقة يجب أن ترسم بدقة كبيرة وبمقياس رسم نسبى ملائم . ولكننا سنكتفى هنا بطريقتين فقط .




( شكل ١٧٠ )
مراحل رسم البانوراما

## (١) شبكة الإسكتش : Sketching screen

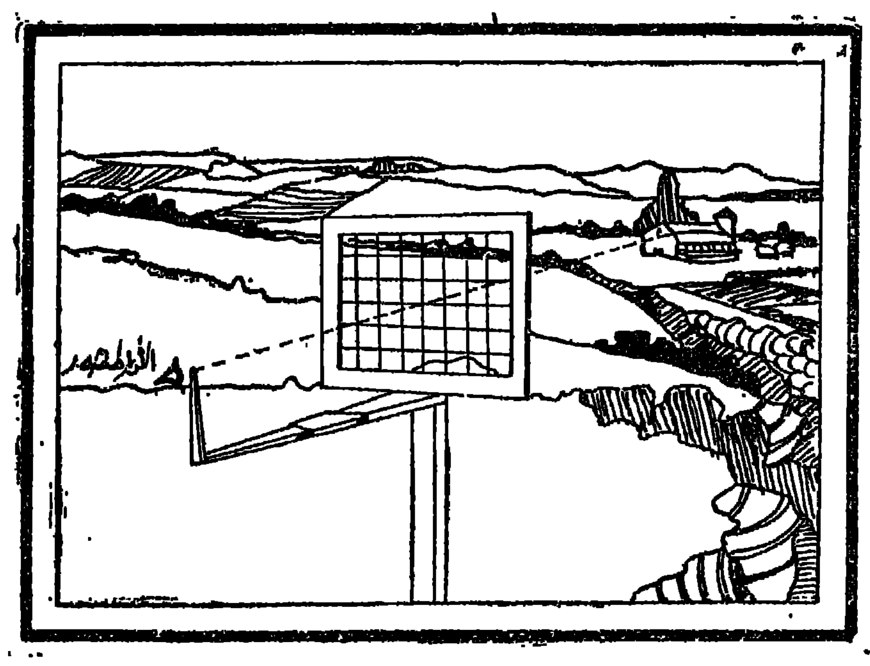
تساعد شبكة الإسكتش المبتدئين على توقيع العناصر الرئيسية لأية منطقة يراد رسمها على الورق . وتتكون شبكة الإسكتش من إطار مفرغ مستطيل الشكل (١) كالذى يوضحه (الشكل ١٧١) مثبت من أحد طرفيه بعمود أفقى (ب) يتعامد على الضلع الأسفل للمستطيل، ويرتكز الجهاز كله على حامل ذى ثلاث شعب (حـ) . كما توجد مجموعة من الأسلاك الرفيعة الأفقية والرأسية تقسم الإطار (١) إلى عدد من المستطيلات .




( شكل ١٧١ )

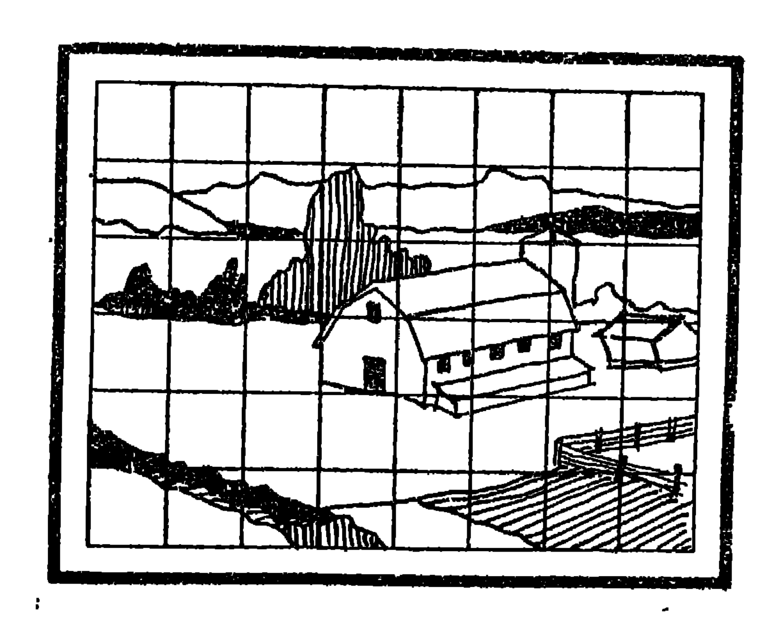
وعندما يوضع الجهاز فى وضع مماثل للوضع الذى يوضحه (الشكل ١٧١ ) وينظر المراقب من خلال الشبكة ، فسيجد أن شبكة الأسلاك المذكورة قد قسمت له الجزء الذى يظهر من سطح الأرض داخل الإطار (١) إلى مجموعة من المستطيلات . وتختلف المنطقة التى يغطيها كل مستطيل تبعاً للمسافة التى تفصل عين المراقب عن الشبكة نفسها، ولهذا السبب زود الجهاز بفتحة ( ء ' Peep sight على العمود الأفقى (ب) تواجه الشبكة .

وقبل استخدام شبكة الإسكتش نقوم برسم شبكة مماثلة لها على الورق · ويصبح رسم البانوراما عبارة عن نقل معالم سطح الأرض التى تظهر من خلال الإطار (١) إلى ورقة الرسم التى تساوية فى عدد مستطيلاتها ، مستطيلا بمستطيل، بطريقة مشابهة لتلك التى اتبعت فى تكبير الخرائط أو تصغيرها بطريقة المربعات ( انظر صفحة ٩٦ ) .



( شكل ١٧٢ )

وليس من الضرورى أن تنقل كل التفاصيل باستخدام شبكة الإسكتش، بل يكتفى برسم المعالم الرئيسية للمنطقة باستخدام الشبكة ، ثم ترسم كل التفاصيل الصغيرة بالاسترشاد بهذه النقط المميزة .



( شكل ١٧٣ )

وبمقارنة الشكلين ( ١٧٢ ، ١٧٣ ) تتضح لنا كيفية استخدام هذه الشبكة فى رسم معالم سطح الأرض .

ووجه الصعوبة فى رسم البانوراما ليس هو توضيح التفاصيل الصغيرة المنفردة مثل المساكن والأشجار ... الخ فى مكانها النسبي الصحيح على الورق ، ولكن فى « رؤية Seeing » الخطوط الرئيسية لسطح الأرض والتى نحتاج إليها فى تمثيل هذا السطح على الورق . ولهذا فمن الأفضل أن نبدأ بتوقيع الملامح الرئيسية مثل الطرق والسكك الحديدية وخط الأفق .. الخ مع مراعاة قواعد الرسم المنظور التى ذكرناها .

(ب) لوحة الإسكتش : Sketch pad

رغم سهولة استخدام شبكة الإسكتش ودقة الرسم الذى نحصل عليه بوساطتها ، إلا أن المحترفين من رسامى البانوراما لا يستخدمونها لأنها تشكل عبئاً عليهم فى العمل الميدانى ، ولهذا السبب فإنهم يستخدمون لوحة الإسكتش . واللوحة ذات أشكال متعددة ، ولكننا سنكتفى هنا بشرح أبسط أنواعها وتبلغ مساحتها عادة ٦½ × ٩ بوصة :

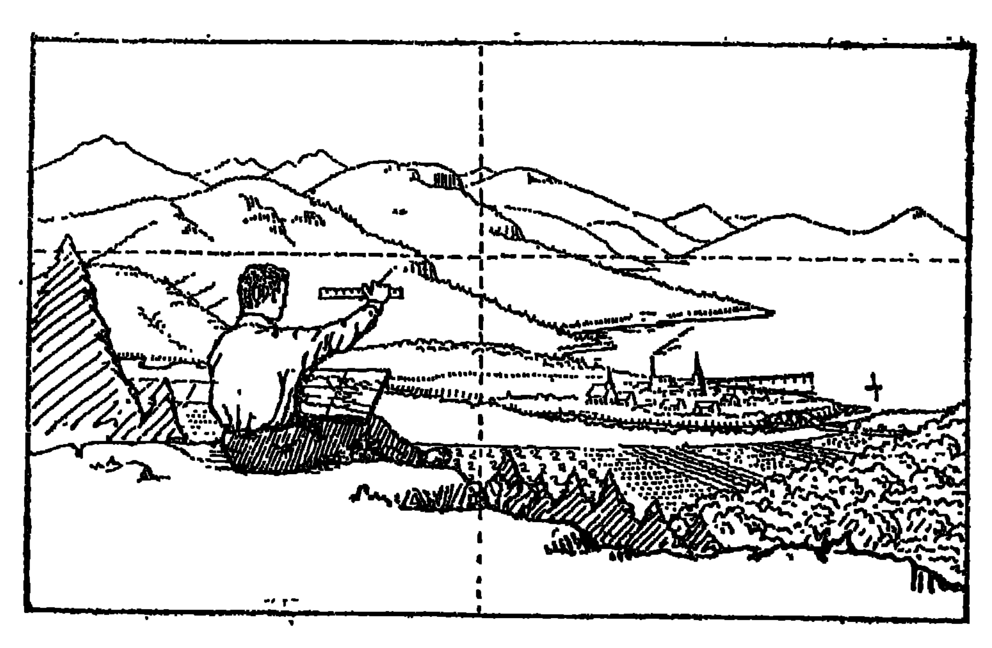
١ — نحدد مساحة المنطقة المطلوب رسمها على اللوحة ، ونختار نقطة بارزة فيها نعتبرها مركز البانوراما .

٢ — نرسم خطاً رأسياً يتوسط لوحة الرسم ، وآخر أفقياً يتمشى مع خط الأفق أو أى خط آخر فى الطبيعة مثل شاطىء نهر أو ساحل بحيرة أو طريق .

٣ — نمسك مسطرة بحيث تكون بعيدة عن العين بحوالى ١٢ بوصة ، ثم نقفل إحدى العينين ، ونعتبر المنطقة التى تنحصر بين طرفى المسطرة هى المنطقة المطلوب رسمها ، مع ملاحظة أنه يمكن تغيير مدى هذه المنطقة بتحريك المسطرة قريباً أو بعيداً عن العين .

٤ — نقيس البعد الأفقى لبعض الظاهرات المميزة عن نقطة المركز ، والبعد الرأسى عن خط الأفق ، ثم نوقعها على اللوحة تبعاً لمقياس الرسم النسبي المستخدم . ويجب أن ترسم هذه المرحلة بدقة كبيرة ، فعلى أساسها تتحدد الملامح الرئيسية للبانوراما .

٥ — بعد ذلك نبدأ فى إضافة التفاصيل مبتدئين من المظاهر الكبيرة إلى التفاصيل الصغيرة التى ترسم بشكل مبسط وبالإصطلاح المناسب .



شكل ( ١٧٤ )

٦ — يجب المبالغة فى مقياس رسم المسافات الرأسية بالنسبة إلى مقياس رسم المسافات الأفقية بغية إظهار أية معالم صغيرة بسهولة . وأنسب مقياس هو ما كان ٢ : ١ أى أن أية مسافة رأسية تقاس على الأرض يجب مضاعفتها عند رسمها على الورق ، فى حين أن المسافة الأفقية لنفس الظاهرة تبقى كما هى .

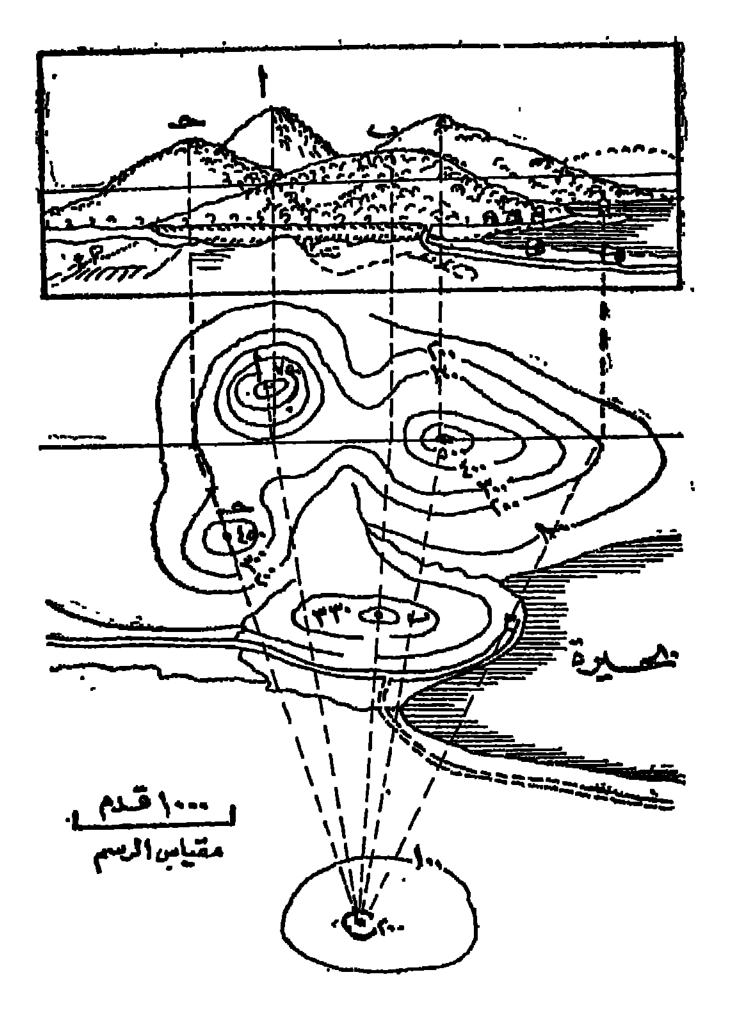
٧ — يجب كتابة أسماء الأماكن الرئيسية مثل أسماء الأنهار والبحيرات والتلال ، ويمكن كتابتها بعيداً عن المنطقة نفسها واستخدام سهم يشير إلى مكانها الصحيح .

٨ — يمكن إنهاء الرسم بتحبيره وتلوين بعض الملامح فيه ، ولكن لا يجب زخرفة الرسم بإدخال تفاصيل لا ضرورة لها بحيث تكون البانوراما فى النهاية واضحة وبسيطة .

٩ — يستحسن كتابة إحداثيات مكان المراقب ( الرسام ) ومركز البانوراما بالنسبة لمكان الرسام والتاريخ والزمن الذى رسمت فيه وأية ملاحظات خاصة بالأحوال الجوية .

## ( ثانياً ) رسم البانوراما من الخرائط الطبوغرافية

يمكن الاستعانة بخريطة طبوغرافية دقيقة عليها خطوط كنتورية واضحة فى رسم صورة دقيقة للبانوراما بمقياس رسم نسبى ملائم . ويوضح ( الشكل ١٧٥ ) نموذجا لهذه الطريقة .




شكل ( ١٧٥ )

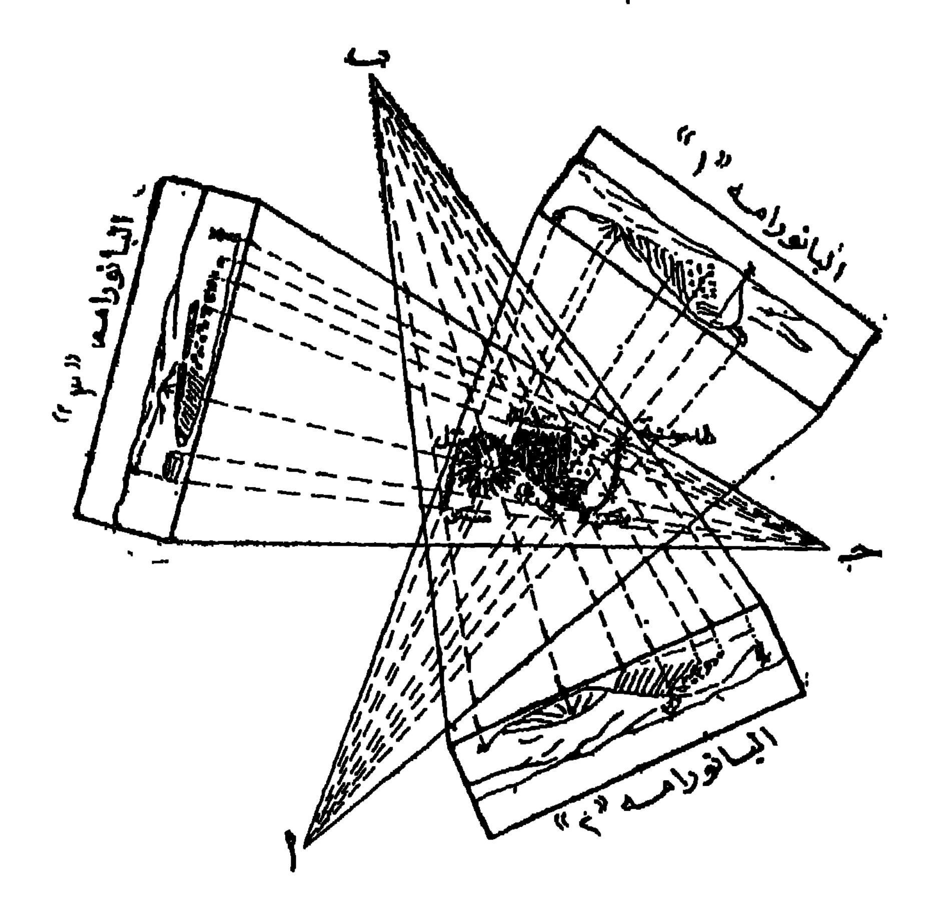
وتتلخص هذه الطريقة فى رسم مستوى رأسى للاسقاط Vertical plane of rojection يبعد عن المكان الذى يفترض فيه وقوف المراقب ، ثم نرسم أشعة من مكان المراقب ونمدها على استقامتها إلى خط الإسقاط . وبعد ذلك نقيم أعمدة من نقط التقاطع السابقة إلى لوحة الرسم الموقع عليها خط الأفق الذى يمثل خط الإسقاط السابق . ثم نوقع تفاصيل التضاريس فوق أو تحت خط الإسقاط باستخدام مقياس رأسى مبالغ فيه Hyperbolic vertical scale حتى يتسنى لنا توضيح الاختلاف البسيط فى التضاريس ، لا سيما فى المناطق المستوية السطح إلى حد كبير .

البانوراما وسيلة لرسم الخرائط الطبوغرافية :

خريطة طبوغرافية ملائمة أو إذا تغيرت الملامح الحضارية الموجودة فى المنطقة موضوع الدراسة . ولا يمكننا إنشاء خرائط بهذه الطريقة إلا لمناطق صغيرة المساحة تحقيقاً لغرض دراسي معين .

ويوضح ( الشكل ١٧٦ ) كيفية إنشاء الخرائط الطبوغرافية بهذه الطريقة . فهذا الشكل يوضح ثلاث بانورامات لمنطقة واحدة مرسومة من ثلاث نقط مختلفة هى : ( ا ) ، ( ب ) ، ( حـ ) والمسافة التى تفصل بين الرسام ومركز المنطقة مسافة واحدة فى كل البانورامات ، فضلا عن أن انحرافات النقط ( ا ) ، ( ب ) ، ( حـ ) معروفة .

وقبل رسم الخريطة توقع النقط ( ا ) ، ( ب ) ، ( حـ ) بدقة على الورق الذى سترسم عليه الخريطة تبعاً لمقياس الرسم الذى نختاره .




شكل ( ١٧٦ )

بعد ذلك نقيم أعمدة فى كل بانوراما من النقط المميزة فى كل منها حتى حافة الرسم ، ثم نضع كل بانوراما فى مواجهة النقطة التى رسمت منها ، وتفصلها عنها مسافة مساوية لتلك المسافة التى كانت تفصل بين لوحة الرسم وعين الراصد . فمثلا نضع اللوحة ( ١ ) فى مواجهة النقطة ( ا ) واللوحة ( ٢ ) فى مواجهة النقطة ( ب ) واللوحة ( ٣ ) فى مواجهة النقطة ( حـ ) .

ثم نرسم من كل من ( ا ) ، ( ب ) ، ( حـ ) خطوطاً تلتقى بالأعمدة السابقة المقامة من حافة الرسم حتى المعالم المميزة فى كل بانوراما . وتلاقى الخطوط الثلاثة الخاصة بأية ظاهرة يحدد مكانها على الخريطة فى منتصف ورقة الرسم .

فمثلا يوجد فى كل بانوراما فى ( الشكل ١٧٦ ) طاحونة هواء ،ومن ثم فإن تلاقى الخطوط الثلاثة التى تخرج من الطاحونة فى كل بانوراما يحدد مكان طاحونة الهواء على الخريطة . وهكذا فى بقية معالم المنطقة .

ويمكن رسم الخريطة بالاستعانة ببانوراميتين فقط ،ولكن استخدام ثلاث بانورامات يعطى نتائج أكثر دقة .

* * *

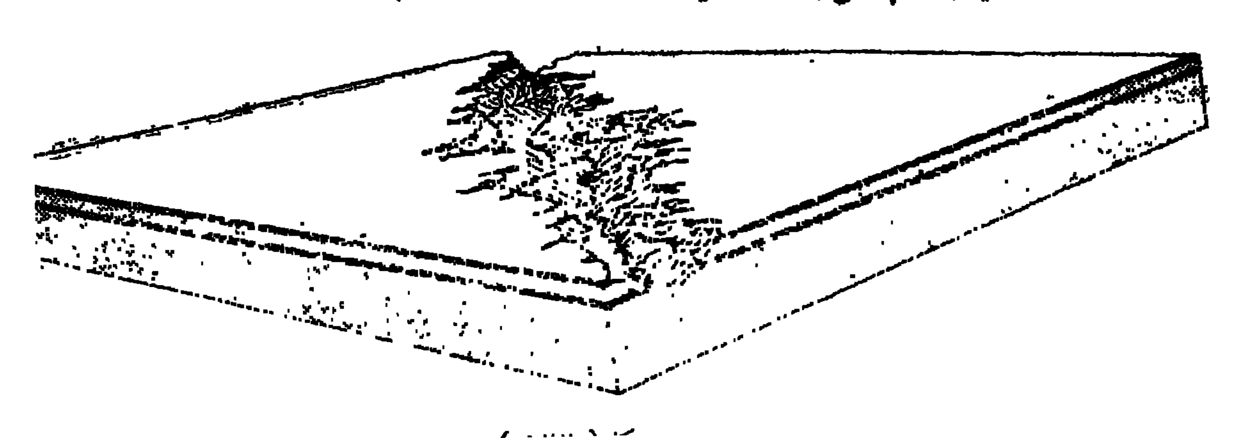
# المجسمات

تستخدم الرسوم البيانية المجسمة فى تمثيل المظاهر الجيومورفولوجية فى منطقة صغيرة من سطح الأرض . وتجمع المجسمات Block Diagrams بين رسم البانوراما وعمل النماذج التضاريسية البارزة Relief Models . كما يمكننا أن نوضح على جوانبها بعض التفاصيل الجيولوجية فى المنطقة التى تمثلها .

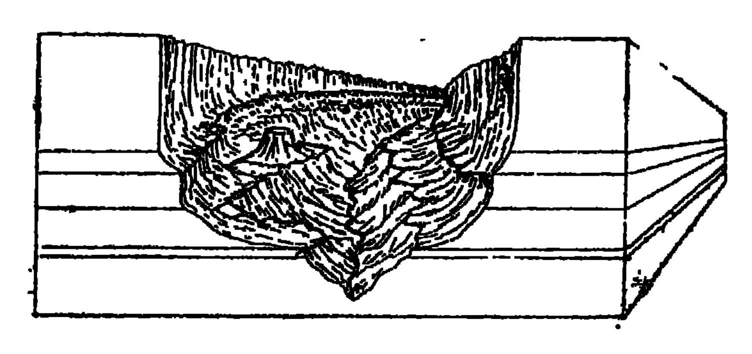
فالرسوم البيانية المجسمة تحقق إذن هدفين رئيسيين : أولهما أنها توضح مظاهر سطح الأرض Surface features ، وثانيهما أنها تمثل تكوينات البنية الداخلية Underground structure . فإذا كانت الخريطة تقتصر على تمثيل تفاصيل سطح الأرض فقط ، وتوضح القطاعات الجيولوجية تكوينات البنية فحسب ، فإن المجسمات توضح السطح والبنية معاً . وفائدة الجمع بينهما فى شكل بيانى واحد هو أنه يساعد الدارس على أن يتبين إلى أى حد تؤثر مظاهر السطح أو تتأثر بالتكوينات الباطنية .

فضـــلا عن هـــذا فـــإن المجسمات تعطينا صورة للمنطقة بأبعادها الثلاثة Three – dimensional picture ، بينما لا توضح لنا الخرائط أو القطاعات الجيولوجية إلا بعدين فقط . كما أن المجسمات تساعد الدارسين على معرفة طبيعة الأشكال الأرضية Landforms بربطها بالتكوينات الباطنية التى ترتكز عليها .

ولا تهتم المجسمات بتوضيح كل التفاصيل المعقدة لسطح الأرض ، فهذه مهمة الخرائط ، ولكن المجسمات تختار بعض المظاهر الهامة التى يهتم الدارسون بإبرازها. وليس من الضرورى أن تمثل هذه المظاهر بمقياس رسم ثابت، بل يجب الضغط على بعض التفاصيل المختارة والمبالغة فى مقياس رسمها حتى يتحقق التأثير Visual impression المطلوب .

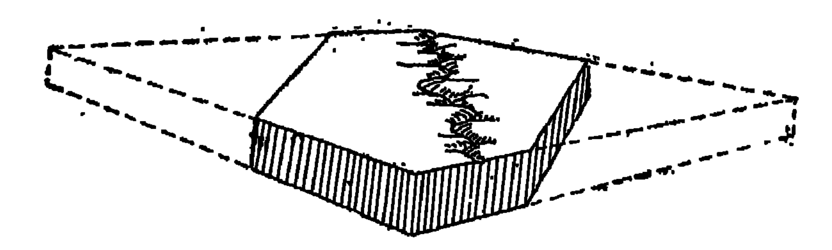


ويمثل سطح الجسم عادة كما يبدو للناظر من أعلى Bird's-eye view ولكن نقطة الرصد هذه قد يختلف موقعها من مجسم إلى آخر فالشكل ( ١٧٧ ) يوضح مجسما بفرض أن نقطة المراقبة التى يفترض أنه تمت منها عملية الرصد تقع فى مكان مرتفع جداً ، بينما يوضح الشكل ( ١٧٨ ) مجسماً آخر ولكن بفرض أن نقطة المراقبة تقع فى مستوى منخفض عن قمة الجسم نفسه .



شكل ( ١٧٨ )

وتتركز قيمة بعض المجسمات فى المنطقة الوسطى منها . بينما تتميز أطرافها بأن التفاصيل فيها تكون أقل وضوحاً وأكثر تشويهاً ، ومن ثم فإن رسم المجسم كاملا فى هذه الحالة يكون قليل الفائدة ،من حيث أنه سيشغل فراغاً كبيراً من الورق، فضلا عن عدم حاجتنا إلى معظم هذا الرسم. لذلك يمكننا فى هذه الحالة أن نقطع أركان المجسم التى لا نكون فى حاجة إليها ، فيظهر الرسم أكثر وضوحاً وتبسيطاً .



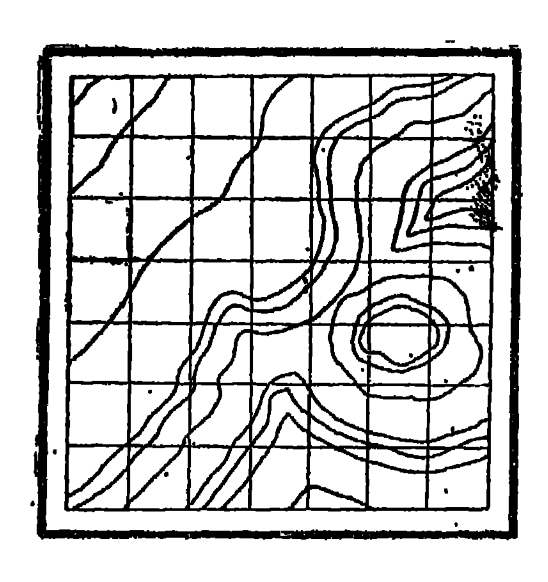
شكل ( ١٧٩ )

ورسم المجسمات إما من الخيال على أساس مشاهدة المنطقة أو معرفة وصف لها ، وإما بالاستعانة بخريطة تضاريسية للمنطقة المطلوب عمل مجسمات لها .

وسنقتصر هنا على شرح أهم طرق إنشاء المجسمات التى تعتمد على الخرائط الكنتورية ، وذلك لدقتها وشيوعها .

## ( أولا ) : طريقة القطاعات المتعددة : Multiple – Section Method

١ — نبدأ الرسم بتغطية الخريطة الكنتورية للمنطقة المطلوب عمل رسم مجسم لها بشبكة من المربعات الصغيرة الشكل ١٨٠ ) .

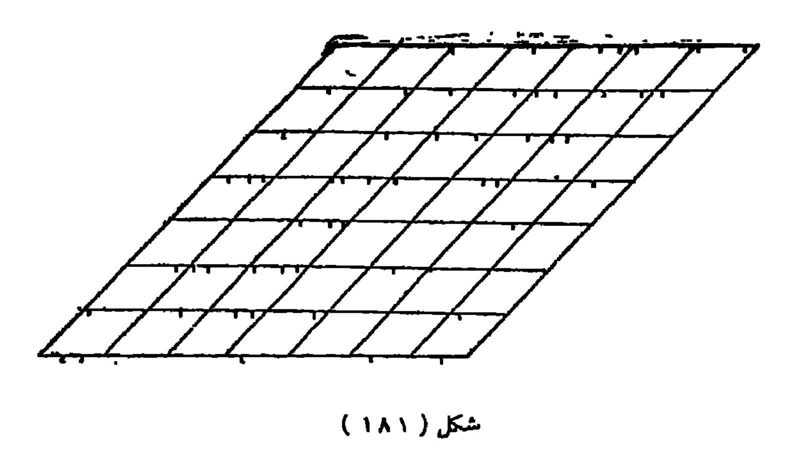


شكل ( ١٨٠ )

٢ — بعد ذلك نحدد اتجاه توجيه Orientation المجسم ، والذى يجب تحديده بدقة كبيرة . فالمناطق المرتفعة يجب أن تحتل مؤخرة الرسم ، بينما تظهر المنخفضات فى مقدمة المجسم .

٣ — بعد توجيه المجسم نقوم بإسقاط شبكة المربعات الموجودة على الخريطة الكنتورية على معين Rhombus مع الاحتفاظ بنفس أطوال أضلاع المربعات . وتحدد الزاوية الواقعة بين قاعدة المعين والضلع المائل تبعاً لدرجة ميل المجسم . وقد أثبتت التجربة أن أنسب درجة ميل تتراوح بين ٣٠° ، ٤٥° .

٤ — بعد ذلك ننقل التفاصيل الموجودة على الخريطة إلى الشبكة التى تغطى المعين، وذلك بأن نقيم أعمدة عند أطراف المعين الأربعة ، وكذلك عند تقاطع كل خط أفقى من خطوط شبكة المربعات مع تفاصيل الخريطة مثل خطوط ونقط الارتفاعات والمجارى المائية .. الخ .

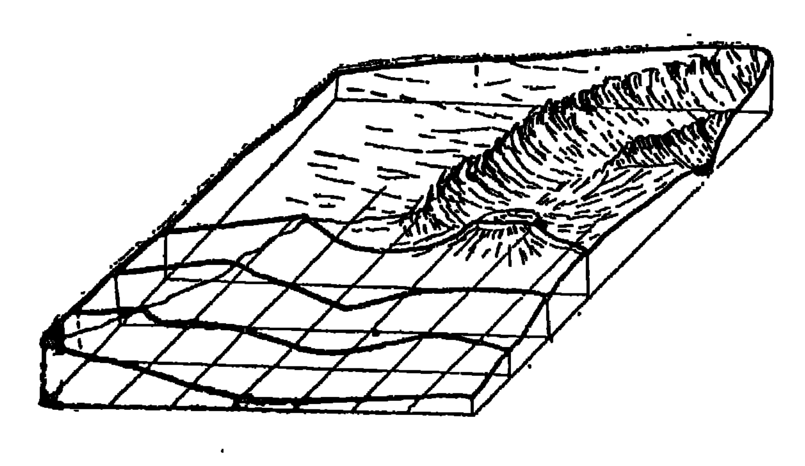


شكل ( ١٨١ )

٥ — نختار مقياس رسم رأسي للمجسم على أن لا تتعدى المبالغة الرأسية فى هذا القياس عشرة أمثال المقياس الأفقى · أما إذا كانت المنطقة جبلية التضاريس ، فليس من الضرورى الالتجاء إلى المبالغة الرأسية (الشكل ١٨١ ).

٦ — نرسم قطاعات تضاريسية على طول كل خط أفقى من خطوط الشبكة ، وكذلك عند الأطراف الأربعة للشكل ، وليس من الضرورى أن نرسم كل قطاع ، فقد يقع بعضها فى منطقة غير مرئية Dead - ground (الشكل ١٨٢ ).

٧ — أما المجارى المائية والمنحدرات وغيرها من المظاهر الهامة فإنها تضاف إلى الرسم من الخريطة مباشرة تبعاً لطبيعة القطاعات التضاريسية نفسها .

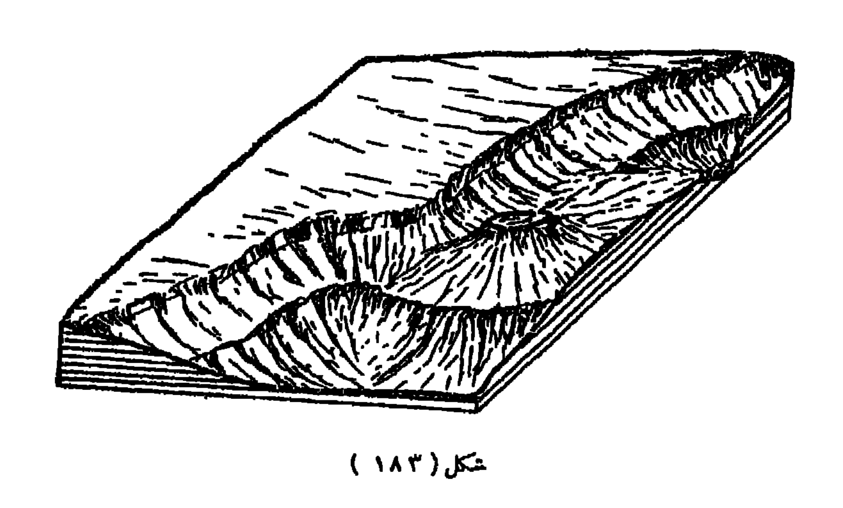


شكل ( ١٨٢ )

٨ — بعد ذلك نقوم بتظليل الرسم مستعينين بالقطاعات التضاريسية والمجارى المائية

وكل التفاصيل الأخرى . كما يجب الاستعانة بالخريطة الأصلية فى نقل التفاصيل الصغيرة ، التى أغفلت القطاعات توضيحها .

٩ — بعد أن يتم رسم المجسم بالقلم الرصاص نقوم بتحبير أطرافه وإضافة كل التفاصيل ، كما نقوم بحذف كل الخطوط التى استعنا بها فى الرسم ، مثل شبكة المربعات وخطوط القطاعات ( الشكل ١٨٣ ) .

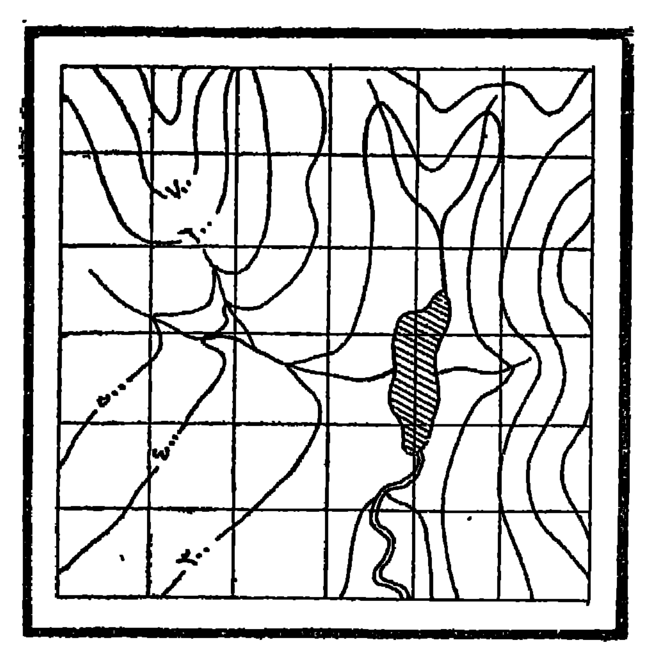


شكل ( ١٨٣ )

١٠ — يختتم الرسم بإضافة بعض نقط المناسيب وأسماء بعض التلال والمجارى المائية وغيرها من التفاصيل البارزة ، وكذلك برسم مقياس الرسم الأفقى والرأسى للمجسم ، كما يمكن استخدام الألوان .

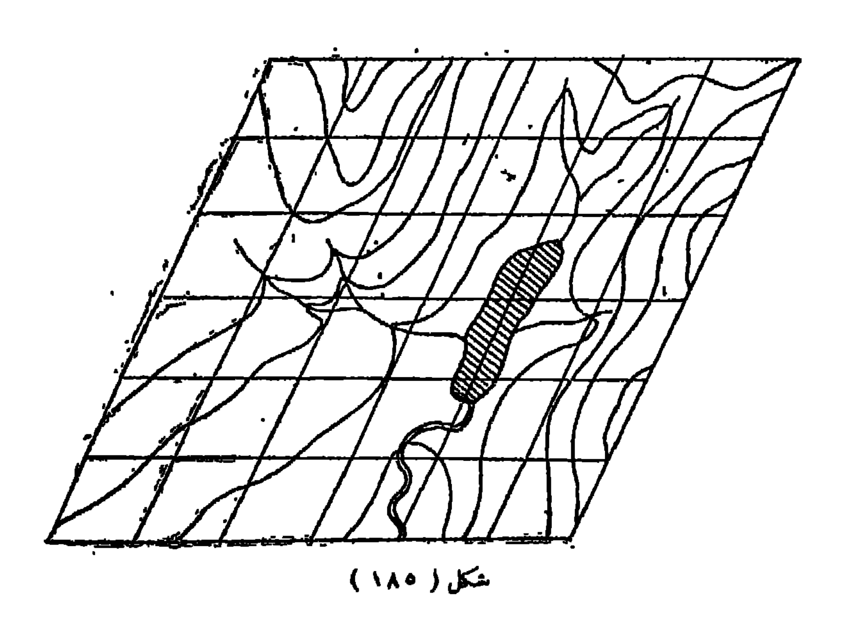
## (ثانياً) : طريقة الطبقات Layer Method:

١ — فى هذه الطريقة نقوم بتغطية الخريطة بشبكة مربعات ، ثم ننقل الشبكة على شكل معين بزاوية تتراوح بين ٣٠° ، ٤٥° كما فعلنا فى الطريقة السابقة ، مع مراعاة كل الاعتبارات التى ذكرناها ( الشكل ١٨٤ ) .




شكل ( ١٨٤ )

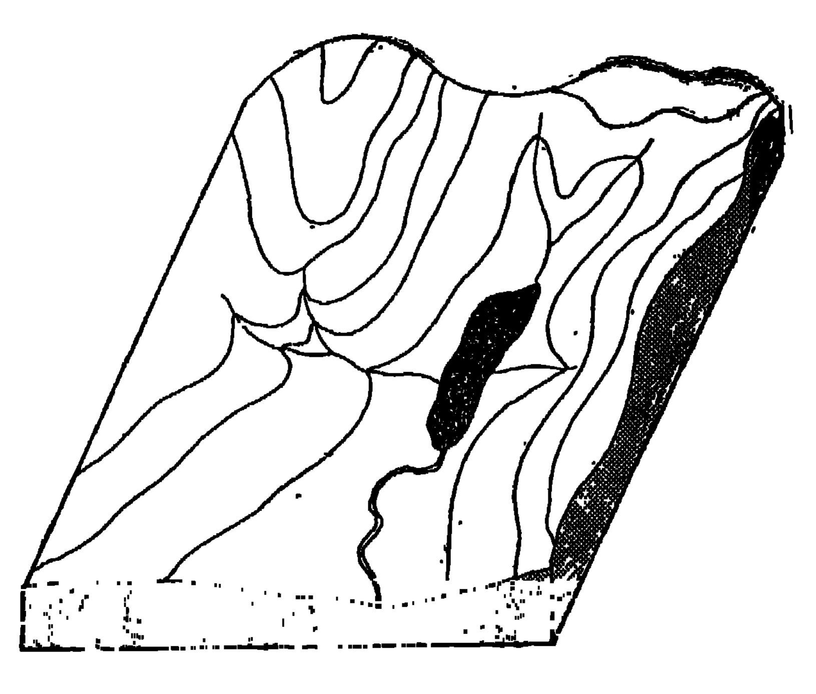
٢ — ننقل مظاهر سطح الأرض الرئيسية مثل خطوط الـكنتور والمجارى المائية والمسطحات المائية إلى الشبكة المائلة، فتظهر على هذه الشبكة الأخيرة نفس الخريطة الـكنتورية ولـكن بزاوية مائلة (الشكل ١٨٥ ).



شكل ( ١٨٥ )

٣ — نختار مقياساً رأسياً معيناً بمبالغة رأسية إذا كان هذا ضرورياً ، ثم نرسم على ورقة مربعات إطار الشكل المائل ، ونقيم أعمدة فى كل ركن من أركان الشكل تبعاً للمقياس الرأسى الذى اخترناه وليكن مثلا ١سم لكل ١٠ متر .

٤ — ننقل ورقة المربعات إلى الشكل المائل ، ثم نحركه على طول حافة الرسم ، ونرسم أعلى خط كنتور فى المنطقة تبعاًللمقياس الرأسى . ثم نحرك ورقة المربعات نحو خط الكنتور الأدنى ، ونرسم هذا الخط أيضاً تبعاً للمقياس الرأسى المستخدم،وهكذا حتى يتم توقيع جميع خطوط الكنتور تبعاً لمقياس رسم موحد .

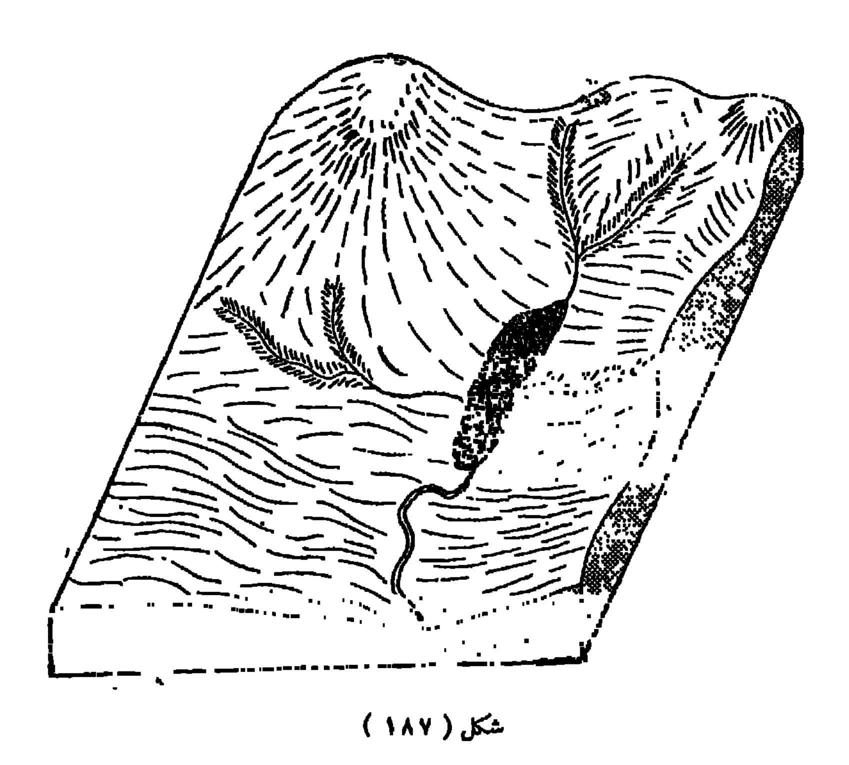


شكل ( ١٨٦ )

٥ — بعد ذلك نرسم المجارى المائية والبحيرات وفقاً لارتفاعها النسبى الصحيح .

٦ — نكمل حافة الجسم بتوصيل نهايات خطوط الكنتور بين الأطراف الأربعة للشكل ( الشكل١٨٦ ) .

٧ - يمكن إنهاء الجسم بالاستعانة بالخطوط الكنتورية الموقعة على الشكل الأخير ، وكذلك بكل التفاصيل الصغيرة فى تظليل الشكل . وتتعامد على التظليلات على خطوط الكنتور أو على المجارى المائية ( الشكل ١٨٧ ) .



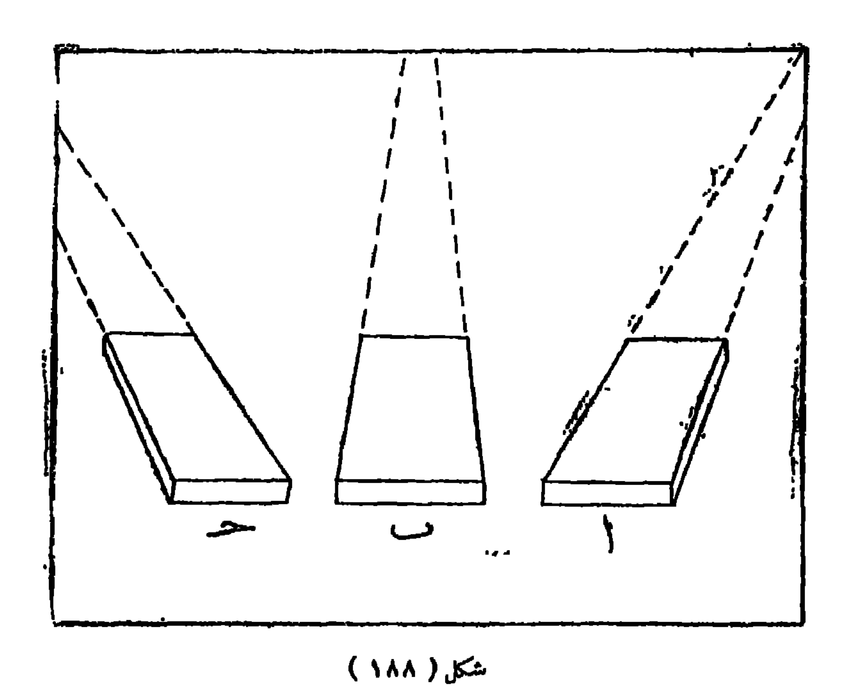
شكل ( ١٨٧ )

٨ — تضاف بعد ذلك أسماء الأماكن وأية معلومات قد يترائ لنا إضافتها إلى المجسم، كما يمكن تلوين الرسم إذا كان ذلك ضرورياً .

(ثالثاً) : طريقة المنظور من نقطة واحدة : One—point Perspective

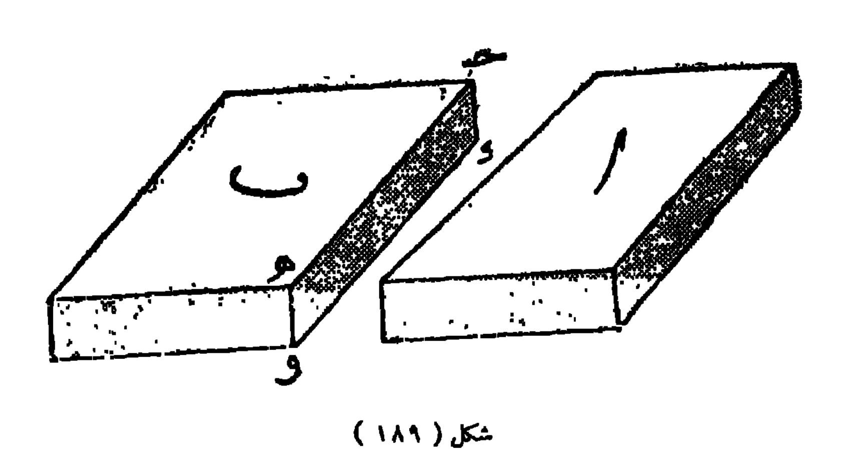
تتخذ واجهة المجسم فى هذه الحالة شكل خط أفقى يوازى الحافة الخلفية للمجسم ، أما جوانب المجسم فتظهر كما لو كانت تتجه إلى نقطة تلاشى بعيدة عند خط الأفق . ويوضح الشكل ( ١٨٨ ) بعض الأوضاع التى يمكن أن يظهر فيها المجسم المنظور من نقطة واحدة .

معنى هذا أن أبسط صورة للمجسم المنظور من نقطة وحدة هى أن ترسم الحافة الخلفية للمجسم أقصر من الحافة الأمامية، كما ترسم جوانبه الخلفية أقصر من الجوانب الأمامية . ففى المجسم(ب) فى الشكل (١٨٩) نجد أن الجانب الخلفى (حء) يتفق فى طوله واتجاهه مع الجانب الأمامى ( هـ و ) ومن ثم فإن المجسم يظهر بشكل مشوه . بينما نجد أن المجسم ( ا ) فى الشكل



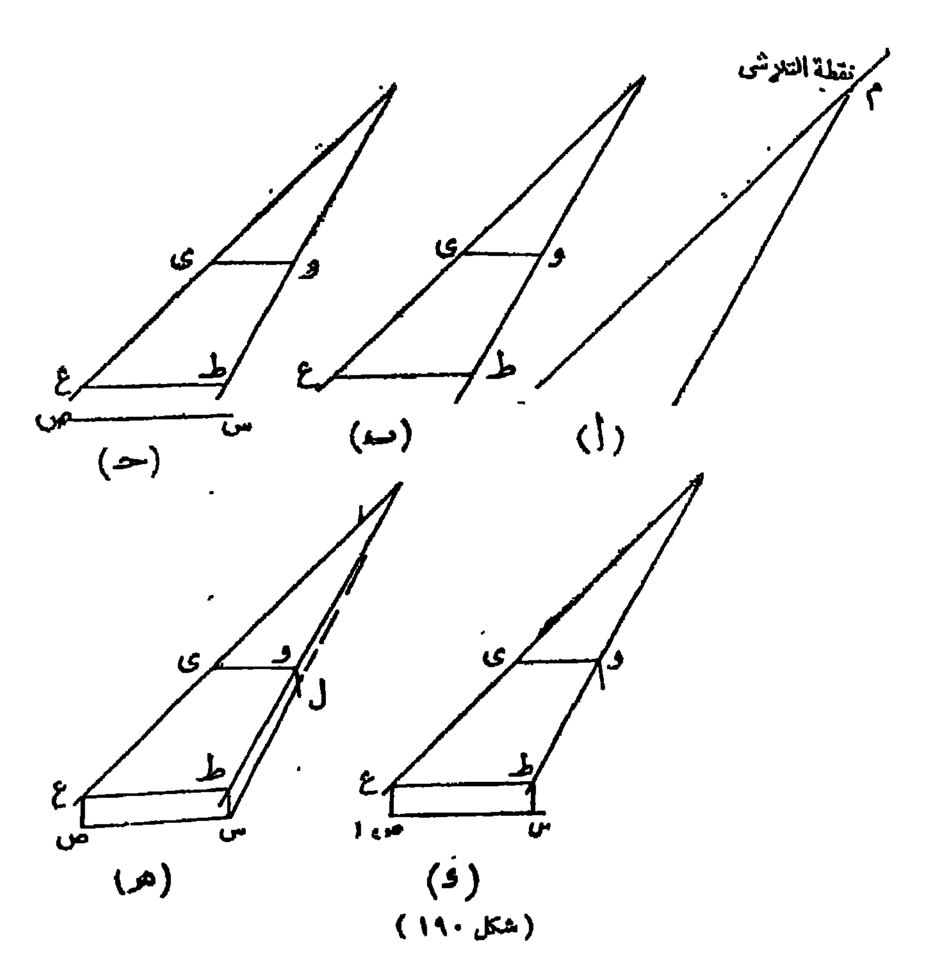

شكل ( ١٨٨ )

نفسه يظهر بشكل أدق حيث أن الجانب الخلفى لا يوازى أو يساوى الجانب الأمامى، ولكنه يظهر متجهاً نحو نقطة التلاشى .




شكل ( ١٨٩ )

ولرسم مجسم منظور من نقطة واحدة نقوم برسم النقطة (م) بالقرب من نهاية ورقة الرسم ويتفرع منها خطان فى اتجاه موقع المجسم ، وذلك باستخدام مسطرة طويلة ( الشكل ١٩٠ « أ » ) . بعد ذلك نرسم الواجهة الخلفية (وى) والواجهة الأمامية (طع) كما فى ( الشكل ١٩٠ «ب»). ولرسم الجزء الأسفل من الواجهة الأمامية، نقوم برسم الخط ( س ص ) موازياً للخط (طع) ولكن بانحراف يتناسب مع طبيعة المنظور ( الشكل ١٩٠ «حـ» ) . ثم نكمل الواجهة

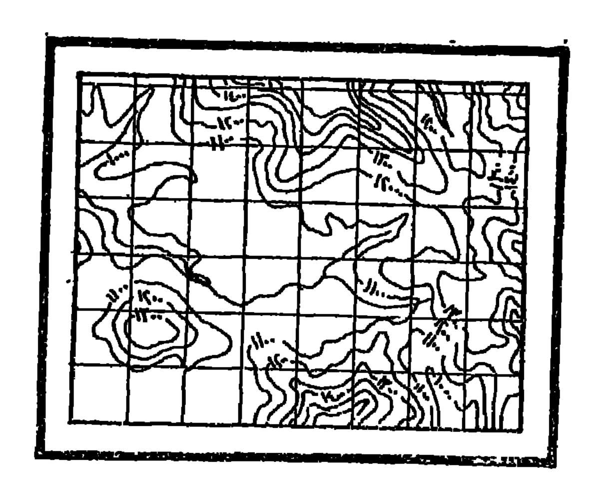



( شكل ١٩٠ )

برسم الحافتين الرأسيتين ( ط س )، ( ع ص ) كما فى ( الشكل ١٩٠ « ى » ) · أما جانب المجسم الذى يظهر للمشاهد فيرسم بتوصيل نقطة (س) بنقطة التلاشى ( م ) . وينتهى الرسم بأن نسقط عموداً رأسياً من نقطة (و) ليقابل الخط (س م) فى نقطة (ل) ، وبذلك يتم رسم هيكل المجسم المنظور من نقطة واحدة ( الشكل ١٩٠ «هـ» ) .

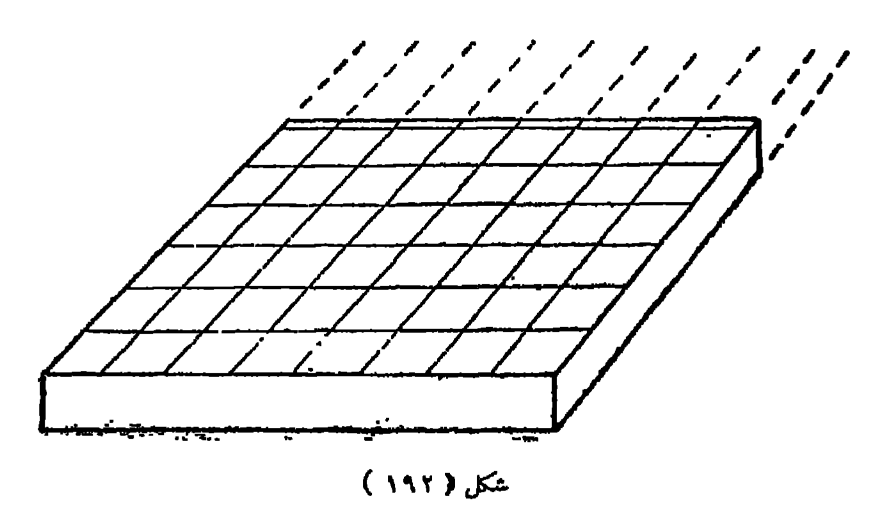
رسم المجسم من الخرائط الطبوغرافية :

يمكن أن يرسم المجسم المنظور من نقطة واحـــدة من الخرائط الطبوغرافية الكبيرة القياس لمناطق صغيرة المساحـة . فنقوم برسم شبـكة من المربعات الصغيرة فوق الخريطة الطبوغرافية ( الشكل ١٩١ ) ، ثم نرسم هيكل المجسم بالطريقة التى شرحناهـا فى الشـكل ( ١٩٠ ).



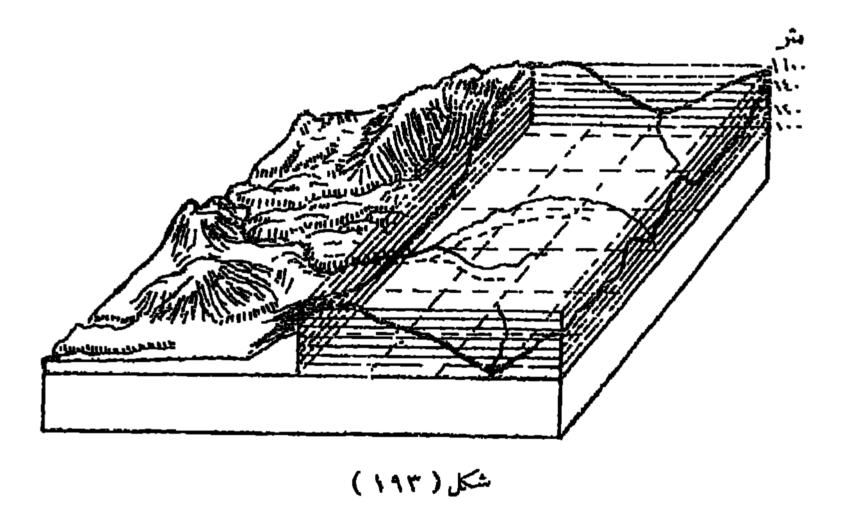
شكل ( ١٩١ )

وبعد ذلك نقوم بتقسيم سطح المجسم إلى نفس العدد من المربعات التى تنقسم إليها الخريطة الطبوغرافية ( الشكل ١٩٢ ) .



شكل ( ١٩٢ )

ويمثل سطح المجسم بعض الظاهرات الطبوغرافية المختارة . ولا يشترط دائماً أن يمثل سطح المجسم أدنى ارتفاع فى الخريطة . وبعد تحديد أدنى مستوى فى المجسم ، نقوم برسم أربعة أعمدة حول المجسم ونقيس على أساسها ارتفاع المظاهر الطبيعية وانخفاضها عن مستوى القاعدة الذى اخترناه ، مع ضرورة المبالغة فى المقياس الرأسى ، على ان تختلف هذه المبالغة من نقطة لأخرى ، فتكون المبالغة قليلة فى المناطق الجبلية وكبيرة فى المناطق المستوية .




شكل ( ١٩٣ )

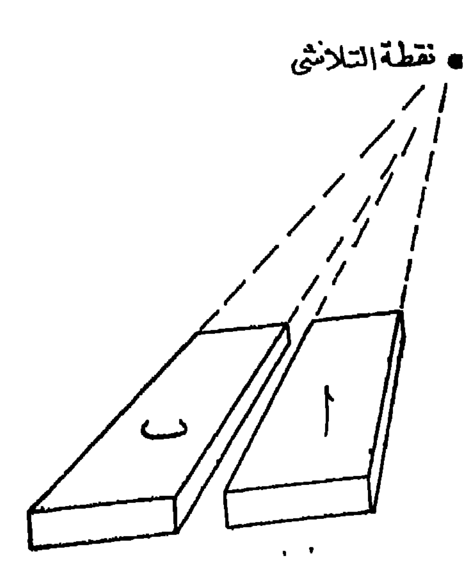
وبعد رسم القطاعات حول أركان الجسم الأربعة ، نقوم برسم نظم التصريف المائى الموجودة فى المنطقة والتى يجب الاهتمام بتوضيحها ، لأن كل المظاهر الطبوغرافية الأخرى فى المنطقة توقع وفقاً لموضع المجارى المائية . ثم نختتم رسم الجسم برسم التلال والجبال بواسطة الهاشور ، ثم نضيف الرموز الإصطلاحية ونكتب أسماء المعالم الرئيسية فى المنطقة سواء داخل الجسم نفسه أم خارجه .

رسم التكوينات الجيولوجية على جانبى الجسم :

لرسم التكوينات الجيولوجية على جانبى الجسم ، يجب أن تكون هذه الجوانب متسعة بشكل يسمح بتوقيع القطاعات الجيولوجية عليها بشكل واضح . فالجسم ( ب ) فى الشكل ( ١٩٤ ) يفضل الجسم ( ا ) من حيث أن الأول يتسم بجوانب متسعة تسمح بسهولة رسم التكوينات الجيولوجية عليها .

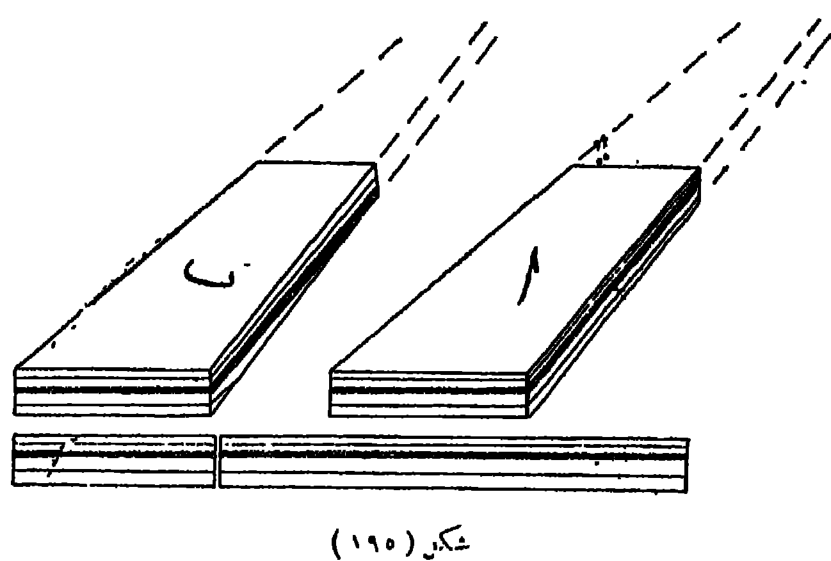
وتختلف طرق رسم التكوينات الجيولوجية على جانبى الجسم تبعاً لاختلاف هذه التكوينات . ولكننا سنقتصر هنا على شرح أهم هذه الطرق :

الحالة الأولى : إذا كانت الطبقات الجيولوجية متوازية فتنقل هذه الطبقات على جانب الجسم متجهة نحو نقطة التلاشى ، أما الطبقات التى ستنقل على الواجهة فترسم كما هى ويوضح الشكل ( ١٩٥ ) هذه الحالة ، ومنه يتضح لنا أنه لو احتفظت الطبقات الجيولوجية بنفس اتجاهها الذى تظهر به فى القطاع الجيولوجى لتقاطعت مع جانب الجسم



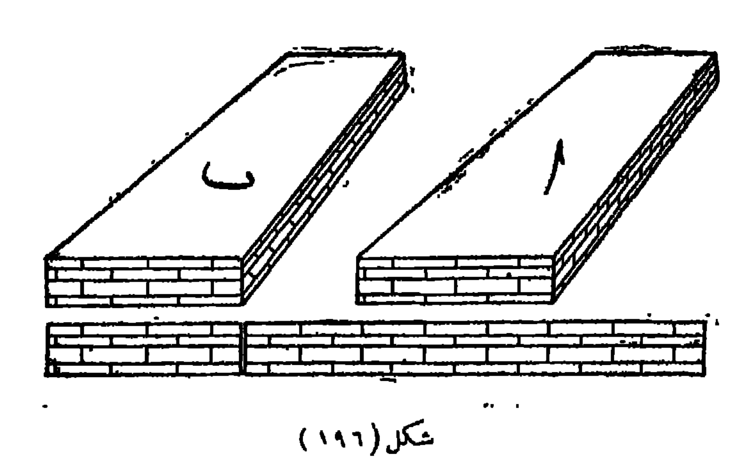

شكل (١٩٤)

(الشكل ١٩٥ «ب») ، بينما اتجاهها نحو نقطة التلاشى يظهرها كاملة ومتناسقة مع الشكل العام للمجسم (الشكل ١٩٥ «ا») .




شكل (١٩٥)

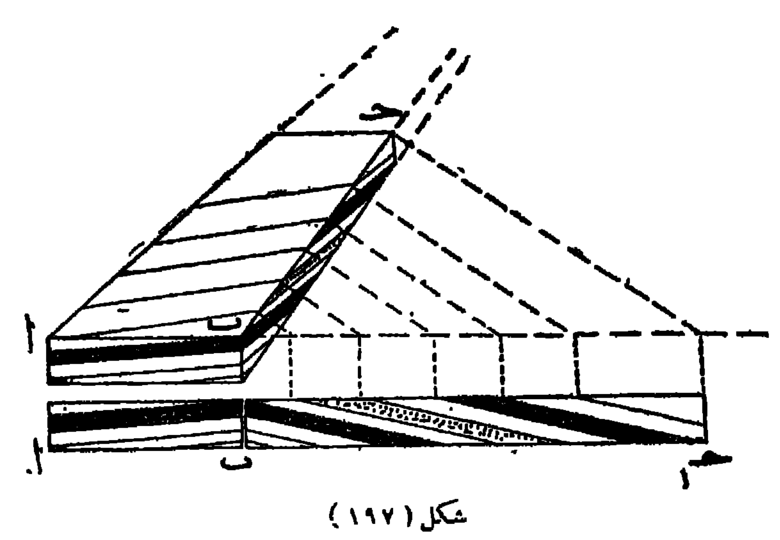
الحالة الثانية : إذا كانت الطبقات الجيولوجية طبقات حجرية متوازية ، فيجب أن توازى الخطوط القاطعة للطبقات حواف المجسم على جانبه الذى يظهر للرسام ، لأن تعامدها على حافات المجسم لا يتناسب مع طبيعة المنظور .




شكل (١٩٦)

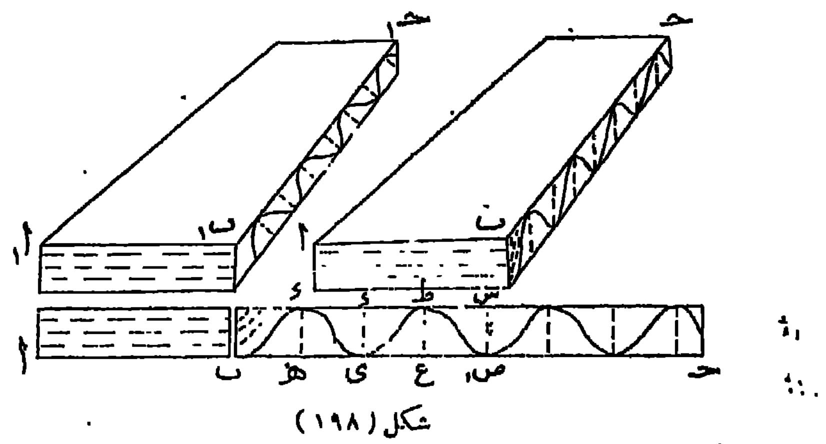
ويوضح الجسم (ا) من الشكل (١٩٦) الطريقة الصحيحة لتوقيع مثل هذه الصخور على جانبي الجسم ، بينما يوضح الجسم (ب) من الشكل نفسه الطريقة التي يجب تجنبها عند رسم مثل هذه الصخور .

الحالة الثالثة : إذا كانت الطبقات الجيولوجيـة مائلة فيجب أن ترسم بعناية كبـيرة . فالقطاع الجيولوجي (ا١ ب١) يوقع على جانب الجسم (ا ب) كما هو بدون تغيير . أما القطاع (ب١ حـ١) فينقل على الجانب (ب حـ) مع مراعاة قواعـد المنظور . فنقيم أعمدة عند كل تقاطع للطبقات المائلة مع حافة القطاع الجيولوجي كما في الشكل (١٩٧) ثم نوصل نهاية القطاع (حـ١) بنهاية المجسم (حـ) . وبهذلك نرسم خطوطاً موازية للخط (حـ١ حـ) تتقاطع مع المجسم على طول الخط (ب حـ) . ومن نقط التقاطع هذه نرسم الطبقات المائلة كما يوضحها الشكل (١٩٧) .




شكل (١٩٧)

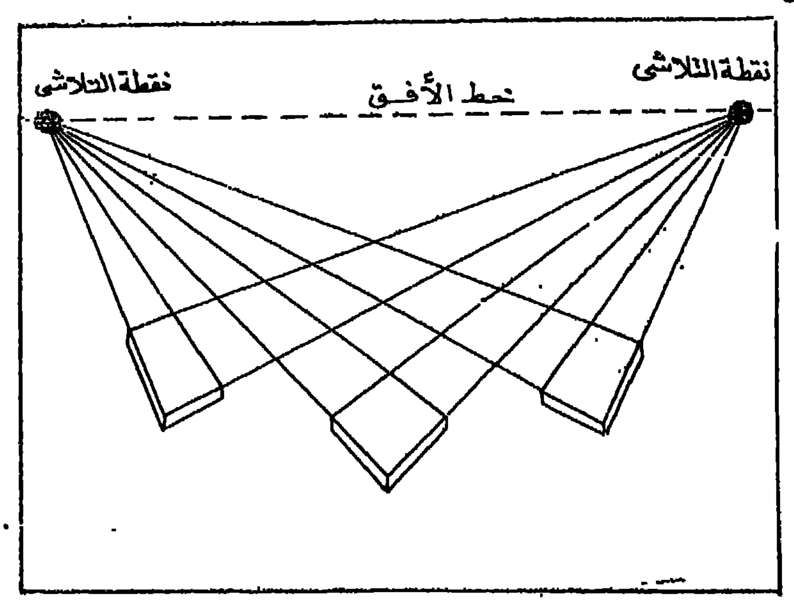
الحالة الرابعة : إذا كانت الطبقات الجيولوجية ملتوية فنقوم بتحديد قمة Crest كل التواء وقاعه Keel على حافة القطاع الجيولوجى ، ونسقط من القمم ونقيم على القيعان أعمدة مثل ( ء هـ ) ، ( و ى ) ، ( ط ع ) ، (س ص) ...... الخ ، ثم ننقل هذه الأعمدة إلى جانب المجسم مع مراعاة اتجاه الخطوط المتعامدة عليها صوب نقطة التلاشى كما فى الشكل ( ١٩٨ ).



شكل ( ١٩٨ )

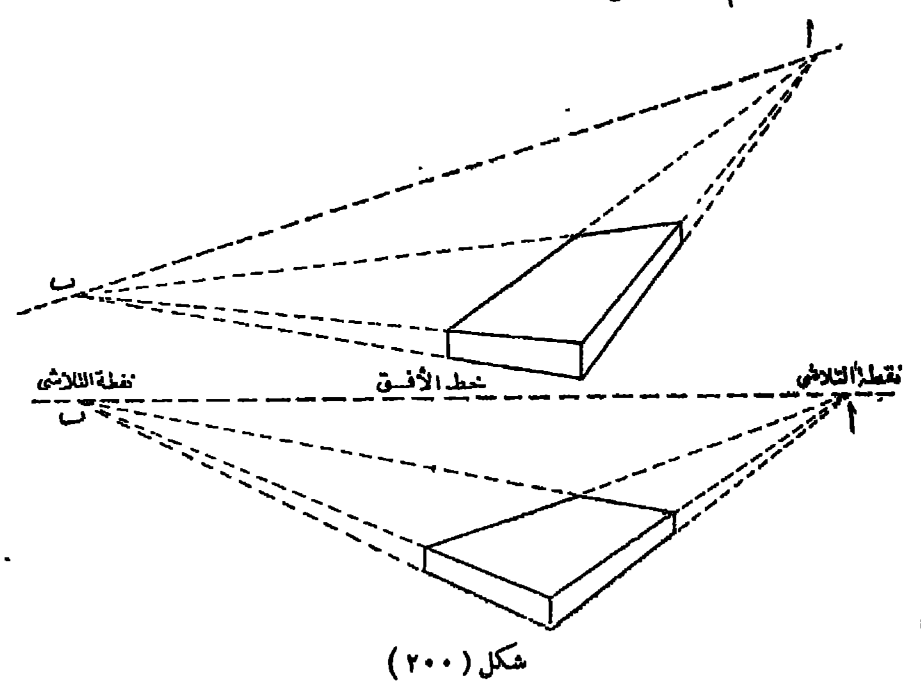
(رابعاً) : طريقة المنظور من نقطتين : Two-point Perspective

يوضح المجسم المنظور من نقطتين جانبين فى مواجهة الراقب (الرسام) يتجه كل منهما نحو نقطة تلاش مختلفة . ويختلف شكل المجسم تبعاً لاختلاف نقطتى التلاشى ( الشكل ١٩٩ ) . ويجب أن تكون نقطتى التلاشى على خط أفقى واحد هو خط الأفق . أما إذا كان خط الأفق مائلا فإن المنظور لايكون صحيحاً ، ويصبح المجسم الناتج عن ذلك غير دقيق كما فى ( الشكل ٢٠٠ ) .




شكل ( ١٩٩ )

وبعد رسم هيكل الجسم المنظور من نقطتين ، نوقع عليه كل التفاصيل الطبوغرافية . والقطاعات الجيولوجية وتنقل التفاصيل من الخرائط الطبوغرافية بنفس الطريقة التي شرحناها في الجسم المنظور من نقطة واحدة .

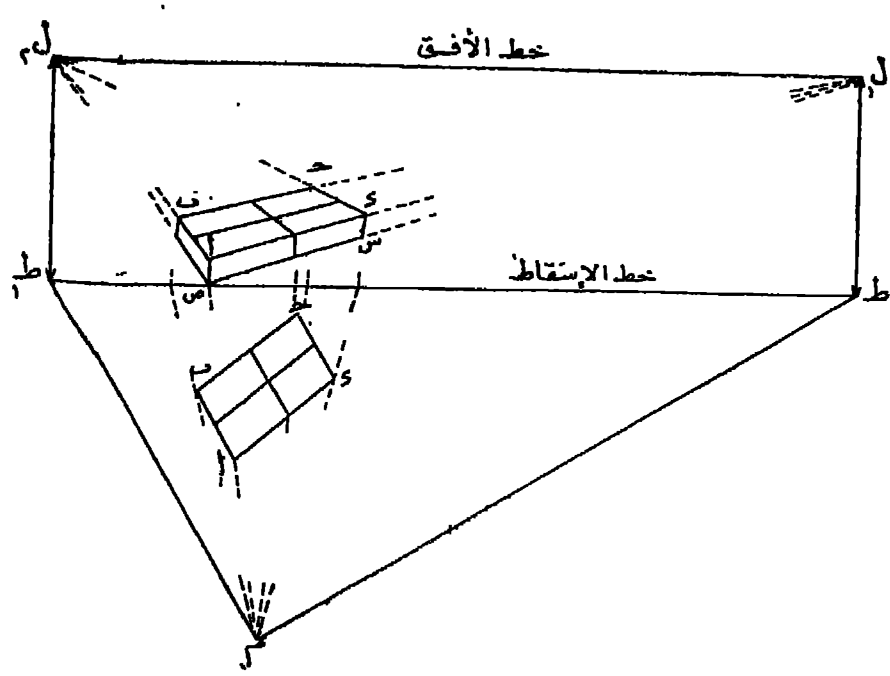



شكل ( ٢٠٠ )

( خامساً ) : طريقة المنظور الصحيح : Exact Perspective

تعتبر هذه الطريقة أدق طريقة لرسم المجسمات من أية نقطة . ولرسم هيكل المجسم من واقع الخريطة الطبوغرافية ، نقوم بوضع هذه الخريطة في الوضع المائل الذي سننظر منه إليها، ثم نسقط أطراف الخريطة ( ا ب حـ ء ) من نقطة الرصد ( م ) على سطح رأسي ( ط ط١ )، وذلك بأن نرسم أشعة من نقطه ( م ) إلى أطراف الخريطة ( ا ) ، ( ب ) ، ( حـ ) ، ( ء ) ونمد هذه الأشعة على استقامتها لتلتقي بالخط ( ط ط١ ) ، ثم نقيم من نقط التقاطع هذه أعمدة تحدد لنا أطراف المجسم .

وبعد ذلك نرسم خط الأفق ( ل١ ل٢ ) موازياً للخط ( ط١ ط ) وبارتفاع يمثل مدى السمك الذي نريد أن نوضح به المجسم . أما نقطتي ( ل١ ) ، ( ل٢ ) فتمثلان نقطتي التلاشي بالنسبة للمجسم . وتقاطع الأشعة التي تخرج من نقطتي التلاشي مع الأعمدة المقامة على الخط ( ط ط١ ) تحدد لنا أطراف المجسم . أما سمك جوانب المجسم والتي يوضحها الخطان ( ا ص ) ، ( ء س ) فتتم وفقاً لرغباتنا .




شكل ( ٢٠١ )

وواضح أن كبر الجسم أو صغره يتوقف على المسافة التى تفصل بين خط الإسقاط ( ط ط١) ونقطة المراقبة ( م ) .

ويحدث فى بعض الأحيان أن تظهر نقطتى التلاشى على مسافة بعيدة جداً من الجسم . ولتجنب هذا الوضع يجب ألا نضع الخريطة فى وضع تقل فيه الزاوية بين حافتها ( ب حـ ) وبين خـط الإسقاط ( ط ط١) عن ٣٠° على الأقل . كما يمكننا إذا كانت هناك حاجة ملحة لمثل هذا الميل أن نرسم الجسم بحجم صغير ثم نكبره بعد ذلك .

# الفصل الخامس

# خرائط المناخ

توقع بيانات الأرصاد الجوية على نوعين أساسيين من الخرائط :

النوع الأول هو خرائط الطقس Weather maps حيث يتم توقيع تلك الأرصاد باستخدام الرموز Symbols ، فيعطى لكل ظاهرة رمز معين متفق عليه دولياً ، ثم توقع الرموز على الخريطة بجوار كل محطة أرصاد على حدة . وترسم خرائط الطقس يومياً ، ثم تحلل الخريطة لإجراء التنبؤات الجوية Weather Forecasting فى الأربع والعشرين ساعة التالية لإنشاء الخريطة . ولايلقى هذا النوع من الخرائط اهتماماً كبيراً من الجغرافيين .

أما النوع الثانى من الخرائط فهو خرائط المناخ Climatic maps . وإذا كانت خرائط الطقس تستخدم الرموز ، فإن خرائط المناخ تعتمد على المتوسطات Means . وإذا كانت البيانات التى توقع على خرائط الطقس بيانات مطلقة Absolute فإن البيانات التى توقع على خرائط المناخ تتعرض للتعديل فى كثير من الأحيان ، لاسيما بالنسبة لمستوى سطح البحر . وتعتمد خرائط الطقس على الأرصاد اليومية ، بينما تستخدم خرائط المناخ متوسطات أرصاد عدد كبير من السنوات يحسن ألا يقل عن ٣٥ سنة .

وتوقع جميع بيانات الأرصاد الجوية على خريطة الطقس حتى يمكن الربط بين العناصر الجوية المختلفة التى تؤثر فى الطقس للوصول إلى تنبؤ سليم للتغيرات الجوية اليومية . ولذلك فإن هذا النوع من الخرائط يشتمل على أرصاد للحرارة والرياح (من حيث السرعة والاتجاه) ونقطة الندى ومدى الرؤية والصقيع والضباب والطقس العابر Past weather ونوع السحاب وارتفاعه ودرجة سطوع الشمس ، كل ذلك فى خريطة واحـــدة وبالنسبة لكل محطة أرصاد بها .

أما خريطة المناخ فلا توضح سوى ظاهرة مناخية واحدة ، فهناك خريطة للحرارة وأخرى للضغط وثالثة للامطار وهكذا . وإذا استخدمت الألوان فيمكن الجمع بين أكثر من ظاهرة مناخية ، كأن ترسم كميات الأمطار باللون الأزرق وخطوط الحرارة باللون الأحمر وتوضح اتجاهات الرياح بأسهم سوداء اللون مثلا .

ومن هذا المفهوم لخرائط المناخ فسنقتصر — فى هذا الفصل — على شرح أهم الطرق الكارتوجرافية المستخدمة فى تمثيل العناصر المتيورولوجية على الخرائط .

## (أولا) خطوط الحرارة المتساوية

تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل المؤثرة فى المناخ ، فهى وحدها التى تتحكم فى توزيع الحياة على سطح الأرض ، لأن جميع العناصر الجوية الأخرى ترتبط بها ارتباطاً وثيقاً .

ومما يساعدنا على فهم درجات الحرارة ودراستها هو أن نعمل على توزيعها على سطح الأرض بواسطة خطوط الحرارة المتساوية Isotherms لتصل بين الأماكن التى تتساوى متوسطاتها الحرارية بعضها ببعض ·

وأشهر المتوسطات المستخدمة فى حساب درجة الحرارة هى المتوسطات الشهرية والمتوسط السنوى ·

وهناك نوعان من المتوسطات الشهرية : —

١ — المتوسط الشهرى الحقيقى ( True monthly mean ) ونحصل على هذا المتوسط ، بحساب الأرصاد التى تتم كل ساعة على مدار الشهر . فإذا كان الشهر مكوناً من ثلاثين يوماً فإن المتوسط الشهرى الحقيقى = ٢٤ × ٣٠ = ٧٢٠ قراءة

$$= \frac{\text{أرقام ٧٢٠ قراءة}}{\text{٧٢٠}}$$ . وهكذا .

٢ — المتوسط الشهرى ( Monthly mean ) $= \frac{\text{متوسطات الثلاثين يوماً}}{\text{٣٠}}$ .

ولا يجدى حساب المتوسط الشهرى لشهر معين ــ وليكن شهر يوليو مثلاً ــ فى الدراسات المناخية ، لأنه يحتمل شذوذ درجة حرارة هذا الشهر فى سنة معينة مما يضعف الثقة فى هذا الرقم . ومن ثم فإننا نحصل على المتوسط الشهرى لدرجة الحرارة بقسمة متوسط الحرارة فى نفس الشهر — يوليو — على مدار عدة سنوات يحسن ألا تقل عن ٣٥ سنة .

وهناك أيضاً نوعان من المتوسطات السنوية : —

١ — المتوسط السنوى الحقيقى ( True annual mean ) وهو عبارة من

$$\frac{\text{مجموع المتوسطات اليومية الحقيقية}}{\text{٣٦٥ أو ٣٦٦}}$$

٢ — المتوسط السنوى ( Annual mean ) = $\frac{\text{مجموع المتوسطات الشهرية}}{١٢}$ .

والنوع الثانى — سواء فى المتوسطات الشهرية أو السنوية — هو الأكثر شيوعاً واستخداماً لسهولة حسابه ، فضلا عن أن الفارق فى المجهود بين النوعين فى كل من المتوسطات الشهرية والسنوية لايتناسب مع الفارق الضئيل فى النتائج النهائية لكل منهما .

طريقة رسم خطوط الحرارة المتساوية :

نبدأ عملية رسم خطوط الحرارة المتساوية بكتابة متوسط درجة حرارة كل محطة بجوار المحطة الموضحة على الخريطة بعد تعديل هذا المتوسط لكى يمثل درجة الحرارة عند مستوى سطح البحر، بمعنى أنه يجب أن نحسب درجة حرارة المكان على فرض أنه موجود فى مستوى سطح البحر(١) .

ويجرى هذا التعديل بإضافة درجة مئوية واحدة لكل ارتفاع قدره ( ١٥٠ متراً )(٢).

فإذا علمت أن ارتفاع مدينة لوكا Loka فى السودان هو ٩٦٥ متراً ، ومتوسط درجة حرارتها فى شهر يناير هو ٢٦٫٤°م ، فيصبح متوسط درجة حرارتها المعدل لمستوى سطح البحر

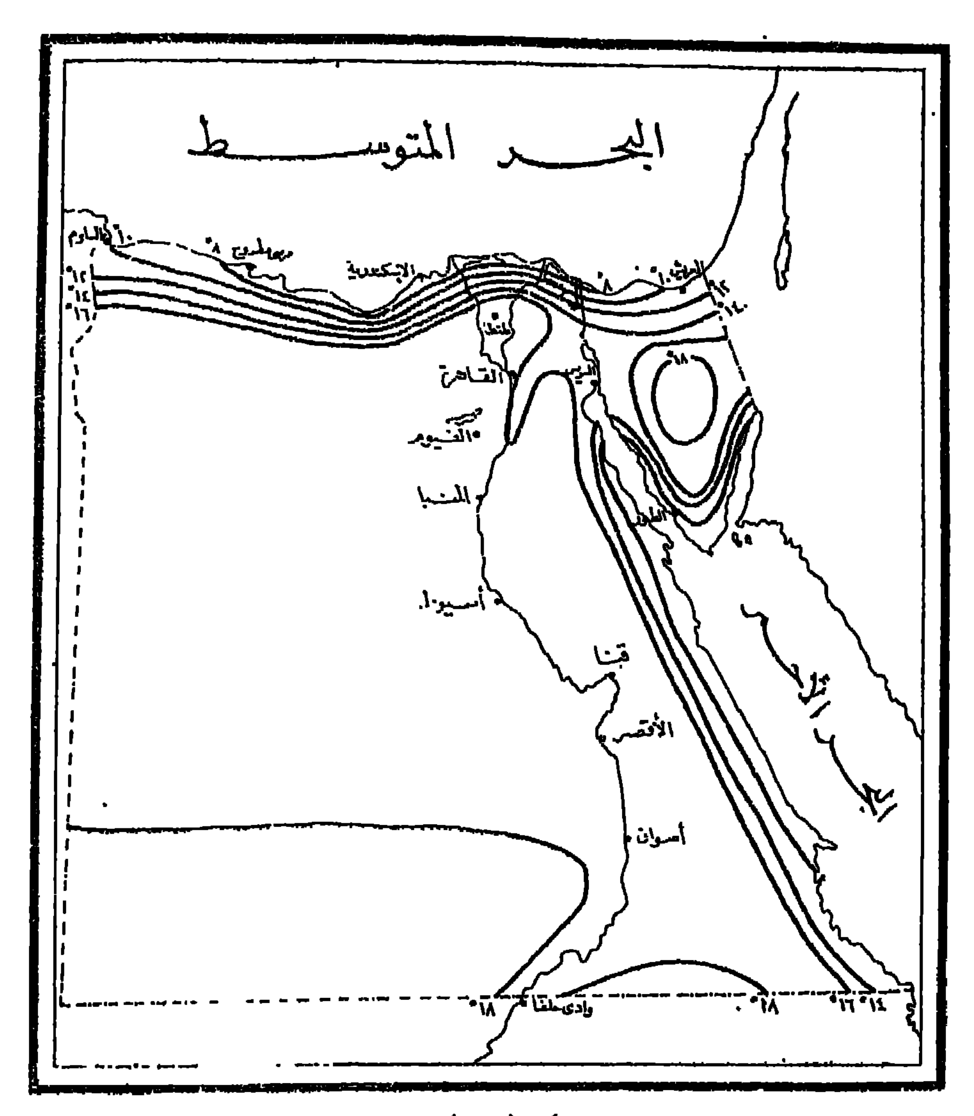
$$= ٢٦٫٤ + \frac{٩٦٥}{١٥٠} = ٢٦٫٤ + ٦٫٤ = ٣٢٫٨°.$$

فنكتب هذا المتوسط الأخير ( ٣٢٫٨° ) أمام مدينة لوكا ونواصل العمل بنفس الطريقة فى المحطات التى توضحها الخريطة ، ثم نوصل المحطات ذات المتوسط الواحد بعضها ببعض

---

(١) فى الدراسات التفصيلية للحرارة يمكن رسم خرائط الحرارة المتساوية على أساس درجات الحرارة الفعلية دون تعديلها لمستوى سطح البحر .

(٢) لزيادة الدقة يمكن أن يتم التصحيح بنسبة درجة مئوية واحدة لكل ٢٥٠ متراً فى الشتاء، ودرجة مئوية واحدة لكل ١٤٠ متراً فى الصيف، ودرجة مئوية واحدة لكل ١٨٠ متراً للمتوسطات السنوية. ولكن الأمر الشائع هو استخدام درجة مئوية واحدة لكل ١٥٠ متراً . أما فى البلاد التى تستخدم الوحدات الإنجليزية فى القياس، فيجرى التصحيح بنسبة ثلاث درجات فهرنهيتية لكل ١٠٠٠ قدم .




شكل (٢٠٢)

خطوط الحرارة المتساوية فى الجمهورية العربية المتحدة فى شهر يوليو

بخط واحد يكتب عليه هذا المتوسط ، فيكون هو خط الحرارة المتساوى للأماكن التى يمر بها . وهكذا نرسم على الخريطة عدة خطوط يمثل كل منها متوسطاً حرارياً معيناً . ويحسن دائماً أن يكون الفاصل الرأسى بين خطوط الحرارة المتساوية فاصلا موحداً .

ورغم بعض العيوب التى تتخلل فكرة خطوط الحرارة المتساوية ، من حيث أنها لا تمثل درجات الحرارة الحقيقية ، بل تمثل الدرجات الإسمية المعدلة لمستوى سطح البحر . ومن حيث أنها قد تعطينا فكرة غير صحيحة عن حالة المناخ العامة ، إذ أنها توصل بين نقطتين متوسط

حرارتها واحد على مستوى سطح البحر مهما اختلفت أحوال المناخ بينهما ، إلا أن هـــذه الطريقة من أكثر طرق تمثيل درجات الحرارة شيوعاً واستخداماً لبساطة طريقة إنشائها ·

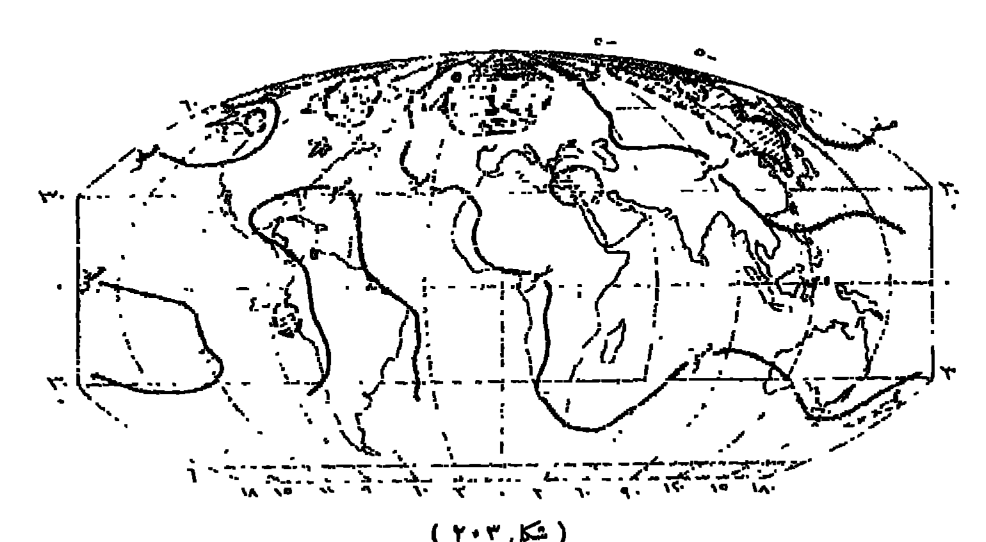
## (ثانياً) خطوط الشذوذ الحرارى المتساوى

يفضل كثير من علماء المناخ استخدام خطوط الشذوذ الحرارى Isanomals فى دراسة توزيع الحرارة فى العالم ، ويفضلونها على خطوط الحرارة المتساوية . وتمر خطوط الشذوذ الحرارى المتساوى Isopleths of anomalies بالمناطق التى تشذ درجة حرارتها عن الدرجة العادية لخطوط العرض . ويقصد بالشذوذ الحرارى أنه الفرق بين متوسط حرارة أى مكان مصححة لمستوى سطح البحر ومتوسط حرارة خط العرض الموجود عليه هذا المكان · ويتم تحديد الدرجة العادية لخط العرض على النحو التالى : —

بعد تعديل متوسط درجة حرارة المحطات التى توضحها الخريطة إلى مستوى سطح البحر ، نختار عدداً معيناً من المحطات التى تقع على خط عرض واحد ، والتى تبتعد عن بعضها بمسافات متساوية ، ثم نقسم مجموع قراءات تلك المحطات على عدد المحطات نفسها ، فنحصل بذلك على درجة الحرارة العادية لخط العرض . ونكرر العمل فى كل خطوط العرض التى تشتمل عليها الخريطة .

وبعد الحصول على متوسط حرارة كل محطة أرصاد ، سنجد أن كل محطة تشذ إيجابياً أو سلبياً عن درجة الحرارة العادية لخط العرض . عندئذ نحسب هذا الشذوذ سواء كان بالموجب أم بالسالب ، ثم نقوم برسم خط يجمع بين المحطات ذات الشذوذ الموجب الواحد بعضها ببعض ، وذات الشذوذ السالب الواحد بعضها ببعض أيضاً .

وكثيراً ما تستخدم خطوط الشذوذ الحرارى فى المناطق الجبلية للمقارنة بين طبيعة الحرارة على السفوح الشمالية للمرتفعات وبينها على سفوحها الجنوبية · ولا يتم تعديل درجات الحرارة فى مثل تلك المناطق إلى مستوى سطح البحر ، بل يؤخذ متوسط درجة حرارة بعض المحطات المختارة الموزعة فى الإقليم كله على مستويات مختلفة الارتفاع .



( شكل ٢٠٣ )

خطوط الشذوذ الحرارى السنوى المتساوى فى العالم
مناطق الشذوذ الحرارى الموجب الرئيسية مهشرة بخطوط مستمرة ومناطق الشذوذ الحرارى السالب مهشرة بخطوط متقطعة

ويوضح الشكل (٢٠٣) خريطة لخطوط الشذوذ الحرارى المتساوى فى العالم . وبتحليل الخريطة نجد أنها توضح مناطق الشذوذ الواضحة فى العالم ، فهى تبين منطقتين واضحتين من « مناطق الشذوذ الحرارى الموجب Thermopleions » تتركزان فى شمال غرب أوربا والشرق الأوسط ، بينما توضح أربع « مناطق للشذوذ الحرارى السالب Thermomeions » تتركز أكبرهن فى شمال شرق آسيا والثلاث الباقيات فى الأمريكتين .

## ثالثاً ) خطوط الضغط المتساوى

ترجع أهمية رسم خطوط الضغط المتساوى إلى تأثير الضغط الجوى فى سرعة الرياح واتجاهها ، إذ هى تتبع تدرج الضغط وتخضع لحكمه ، حيث يتوقف اتجاه الرياح وسرعتها على شكل المنحدر البارومترى Barometric slope أو منحدر الضغط Pressure gradient .

ويقدر الضغط الجوى بارتفاع عمود من الزئبق مكافىء له فى الوزن . ويبلغ الضغط الجوى

عند مستوى سطح البحر ( وهذا هو الضغط الجوى العادى ) ٧٦٠ ملليمتراً [١] .

وترسم خطوط الضغط المتساوى بنفس طريقة رسم خطوط الحرارة المتساوية ، ولكن بعد تصحيحها لمنسوب سطح البحر ، على أساس أن الضغط الجوى يهبط بمقدار ملليمتر فى المتوسط كلما ارتفعنا ١٣ متراً .

كذلك يصحح الضغط الجوى لدرجة الصفر المئوى ، لأن تأثير الحرارة على معدن البارومتر لا يتساوى فى مختلف المناطق لاختلاف حرارتها ، ولذا انتخب الصفر المئوى ليكون أساساً للمقارنة . ويستخرج التصحيح اللازم طرحه من جداول خاصة ويبلغ مقداره ١½ ملليمتر لكل عشر درجات فى المتوسط .

فضلا عن هذا فإن أرقام الضغط الجوى تصحح بالنسبة لخط عرض المكان نظراً لاختلاف تأثير جاذبية الأرض على عمود زئبق البارومتر فى خطوط العرض المختلفة ، فيكون كبيراً عند القطبين وصغيراً عند خط الإستواء ، ولذا فقد اختيرت الجاذبية عند خط عرض ٤٥° لكى تكون أساساً للتوحيد . وتستخرج التصحيحات اللازمة من جداول خاصة ويبلغ مقدارها — ٢ ملليمتر فى المناطق الاستوائية و + ٢ ملليمتر عند القطبين .

وتستخرج التصحيحات الخاصة بالحرارة وبالبعد عن خط عرض ٤٥° من جداول خاصة ، ولنأخذ الجدول التالى مثالا لذلك :

إذا فرضنا أن قراءة الترمومتر الملاصق كانت ٢٣° م ، وأن قراءة البارومتر كانت ٧٥٤٫٢ ملليمتراً ، فإننا ننظر فى القراءات البارومترية الواردة بالجدول ثم ننتخب منها القراءة القريبة من ٧٥٤٫٢ أى ٧٥٠ ، فيكون التعديل المطلوب هو العدد المقابل لـ ٢٣ وهى قراءة الترمومتر الملاصق أى ٣٫٥ وهذا هو العدد المطلوب إسقاطه .

---

(١) لا تعتبر الأبحاث الحديثة وجود وزن « لضغط » الهواء ، لأن « الضغط » عبارة عن قوة مرنة يسهل تقديرها بوحدة القوة وتعرف « بالداين Dyne » وهو عبارة عن القوة اللازمة لتوليد وحدة العجلة فى جرام واحد ويمكن تقديره على وجه التقريب بملليجرام . وعلى ذلك فقد انتخبت وحدة جديدة للضغط الجوى أطلق عليها اسم « ملليبار Millibar » وهو عبارة عن جزء من ألف جزء من البار يعادل ضغط « ميجادين Migadyne » أى مقدار مليون داين على السنتيمتر المربع . وخلاصة هذا القول أن الضغط الجوى الذى يبلغ ١٠٠٠ ملليبار يعادل ٧٥٠ ملليمتراً تقريباً .

| الترمومتر الملاصق للآلة | قراءة البـــارومتر | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ٧٤٠ | ٧٥٠ | ١٦٠ | ١٧٠ |
| ٢٠ | ١ر٣ | ٢ر٣ | ٢ر٣ | ٢ر٣ |
| ٢١ | ٢ر٣ | ٣ر٣ | ٣ر٣ | ٣ر٣ |
| ٢٢ | ٤ر٣ | ٤ر٣ | ٤ر٣ | ٤ر٣ |
| ٢٣ | ٥ر٣ | ٥ر٣ | ٥ر٣ | ٦ر٣ |
| ٢٤ | ٦ر٣ | ٦ر٣ | ٦ر٣ | ٧ر٣ |
| ٢٥ | ٧ر٣ | ٨ر٣ | ٨ر٣ | ٨ر٣ |

القراءة المأخوذة .................................... ٢ر٧٥٤

التعديل .................................... ٥ر٣

∴ الضغط المعدل لدرجة الصفر المئوى ولمتوسط الجاذبية = ٧ر٧٥٠ ملليمتراً

فيعدل هذا الرقم بالنسبة لمستوى سطح البحر . ويعرف الضغط المعدل بهذه الطريقة بالضغط الموحد Standard Pressure .

وبعد إجراء كل التصحيحات السابقة ، يكتب الرقم الخاص بالضغط الجوى فى كل محطة ثم نوصل جميع الضغوط المتساوية بخط واحد ، وبذا تظهر على الخريطة عدة خطوط للضغط المتساوى Isobars تمر بالمناطق المتساوية الضغط .

ويجب أن يكون الفاصل الرأسى بين خطوط الأيزوبار فاصلا موحداً ، وإن كان مقدار هذا الفاصل يختلف تبعاً لاختلاف مقياس رسم الخريطة ومدى الدقة المطلوب مراعاتها عند إنشائها . ففى الخرائط العالمية تتفاوت خطوط الأيزوبار عن بعضها بمقدار خمسة ملليمترات تقريباً ، بينما لا يتجاوز هذا التفاوت فى الخرائط المصرية ملليمترين فقط .

## (رابعاً) خطوط المطر المتساوى

تقاس كميات المطر المتساقطة فى أية محطة بجهاز « مقياس المطر Rain – gauge » وهو أقدم أجهزة الرصد الجوى فى العالم . فمنذ أن عرف الإنسان الزراعة تطلع إلى قياس كميات المطر ، وسرعان ما توصل إلى طريقة لقياسها . فقد عرف أن الإناء المفتوح عندما يوضع فى العراء يمكن أن يقيس كميات المطر ولو بطريقة تقريبية . ومازال اكتشافه هذا يستخدم حتى الآن رغم ما أدخل عليه من تعديلات كثيرة .

وبعد الحصول على أرصاد المطر نقوم بحساب المتوسطات الشهرية أو الفصلية أو السنوية تمهيداً لرسم خريطة المطر . ولكن المتوسطات المطرية يتم حسابها على أساس مخالف لما رأيناه فى حساب متوسطات الحرارة أو الضغط فالمتوسط الشهرى للمطر عبارة عن متوسط حسابى لمجموع المطر المتساقط فى كل شهر على عدة سنوات .

فمثلا المتوسط الشهرى للمطر فى شهر يناير عبارة عن مجموع المطر المتساقط فى يناير فى عدة سنوات مقسوما على عددها ، وكلما كان عدد السنوات كبيراً كلما خف أثر الشذوذ المحتمل حدوثه فى بعض السنوات .

وتحقيقاً لبعض أغراض الدراسة التى نحتاج فيها إلى خرائط مطر دقيقة جداً ، قد يكون من المفيد أن تتم المقارنة بين خرائط المطر فى شهور السنة المختلفة على أساس أن تتساوى أطوال شهور السنة فلا يكون هناك شهر طوله ٢٨ يوماً وآخر طوله ٣١ يوماً ، وذلك حتى نتجنب التخفيضات الزائفة false deductions التى تعكسها خريطة المطر فى شهر قصير مثل شهر فبراير عند مقارنته بخريطة المطر لنفس المنطقة فى شهر أطول منه مثل شهر يناير .

وهناك طريقتان لتعديل متوسطات المطر الشهرية بناء على هذا الاعتبار وذلك قبل رسم خريطة خطوط المطر المتساوى : —

١ — أن نختصر كميات الأمطار المتساقطة فى الشهور ذات الـ ٣١ يوماً بنسبة ٣ر٢٪ ونضاعف كمياتها فى الشهور ذات الـ ٢٨ أو الـ ٢٩ يوماً بنسب ٨ر٦، ٣ر٤٪ على الترتيب، وذلك لكى نحصل على مجموع المطر الذى كان من المحتمل تساقطه فى ثلاثين يوماً فقط .

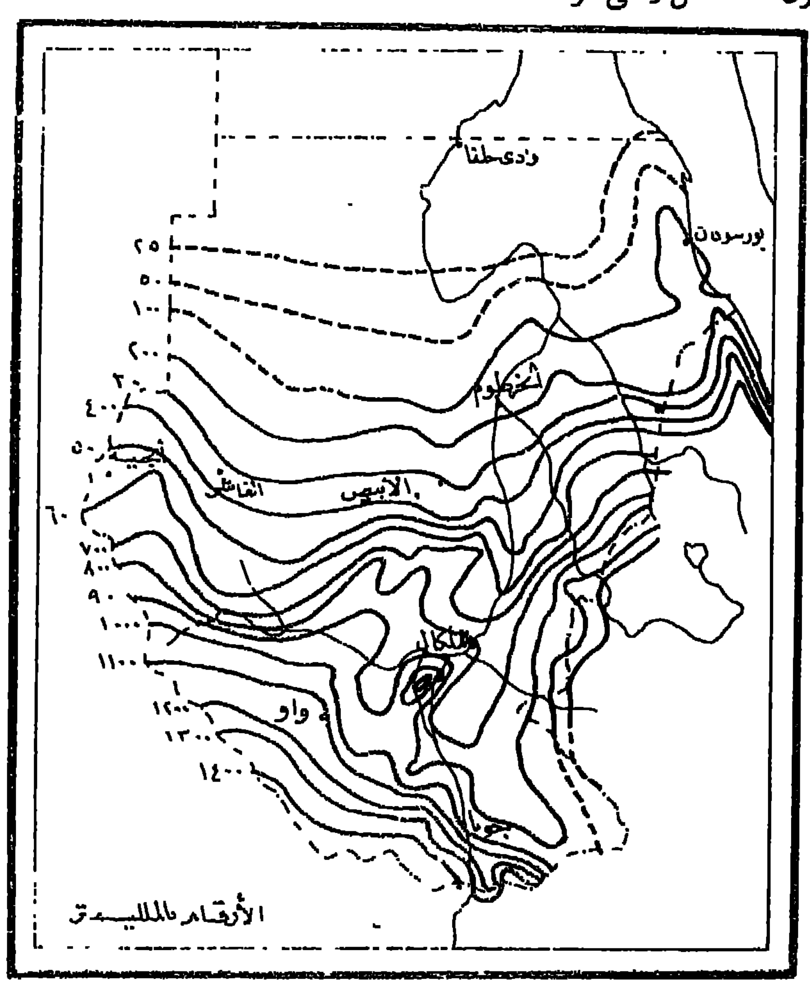
٢ — أن نعتبر أن طول كل شهر من شهور السنة عبارة عن $\frac{1}{12}$ من السنة ، ومن ثم يكون طول كل شهر عبارة عن $\frac{٣٦٥}{١٢}$ أى ٤٣٨ر ٣٠ يوماً وعلى هذا نقوم بضرب كميات الأمطار المتساقطة فى شهر فبراير فى ١ر٠٧٧ ( أو ١ر٠٤٩ ) وكميات الشهور ذات الثلاثين يوماً فى ١ر٠١٥ وذات الـ ٣١ يوماً فى ٠ر٩٨٢ .

فإذا طبقنا هذه التعديلات على مدينة راجا Raga فى السودان ، سنجد أن كمية الأمطار فى شهر أغسطس بها تبلغ ٢٥٨ ملليمتراً وتصبح الأرقام المعدلة طبقاً للطريقتين السابقتين على الترتيب هى : —

الرقم المعدل تبعاً للطريقة الأولى = $\frac{٢٥٨ \times ٣٠}{٣١}$ = ٢٤٩ر٧ مم .

الرقم المعدل تبعاً للطريقة الأولى = ٢٥٨ × ٠ر٩٨٢ = ٢٥٣ر٤ مم .

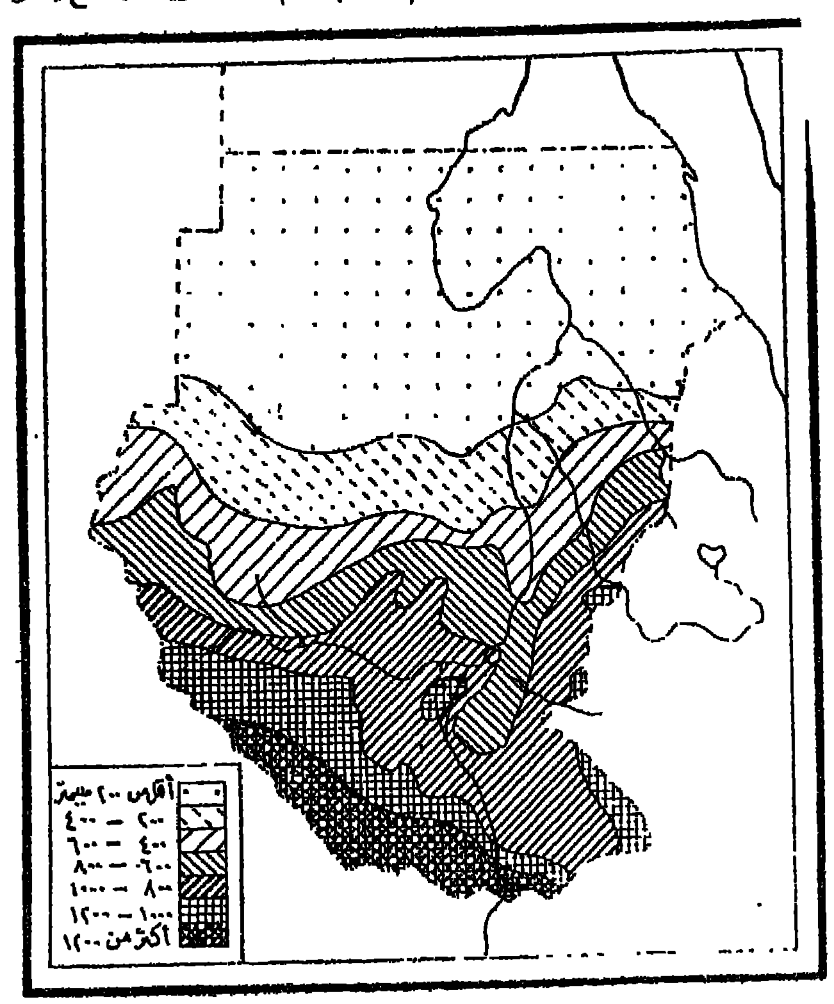
وسواء أدخلنا على الأرصاد التى تتجمع لدينا التعديلات التى ذكرناها أو لم ندخلها ، فإننا يمكننا أن نتبع الطريقة التى ذكرناها فى خطوط التساوى السابقة ، أى بتوصيل المناطق التى تتساوى فى كميات أمطارها ببعضها بخطوط تعرف بخطوط المطر المتساوى Isohyets وتكون ذات فاصل رأسى موحد .




شكل (٢٠٤)
خطوط المطر المتساوى فى السودان

ولكن يجب عدم تعديل أرقام المطر بالنسبة لمستوى سطح البحر قبل رسم الخريطة كما فعلنا فى حالة الحرارة والضغط الجوى، وذلك لأن العلاقة بين الأمطار والتضاريس لا تخضع لقوانين ثابتة كتلك التى تخضع لها العلاقة بين التضاريس والحرارة أو بينها وبين الضغط الجوى ويوضح الشكل ( ٢٠٤ ) نموذجاً لخطوط المطر المتساوى فى السودان بفاصل قدره مائة ملليمتر .

وقد جرت العادة على عدم كتابة الأرقام الدالة على كمية الأمطار على خطوط المطر المتساوى فى خرائط توزيع المطر كما فعلنا فى الشكل السابق ، وإنما يستعاض عن ذلك بتلوين الجهات المحصورة بين خطوط المطر المتساوى أو بتظليلها ، ثم تزود الخريطة بمفتاح يفسر مدلول




شكل ( ٢٠٥ )
المطر السنوى فى السودان

الألوان أو التظليلات . ويوضح الشكل ( ٢٠٥ ) خريطة السودان السابقة ولكن بعد أن أضيفت إليها التظليلات بفاصل قدره ٢٠٠ ملليمتر .

فإذا استخدم التظليل فيجب أن يتدرج التظليل من الفاتح إلى الداكن تبعاً لتزايد كمية الأمطار . أما إذا استخدمت الألوان فيجب أن يتم ذلك بحذر حتى تعطى الألوان الانطباع المطلوب .

## (خامساً) أنواع أخرى من خطوط التساوى

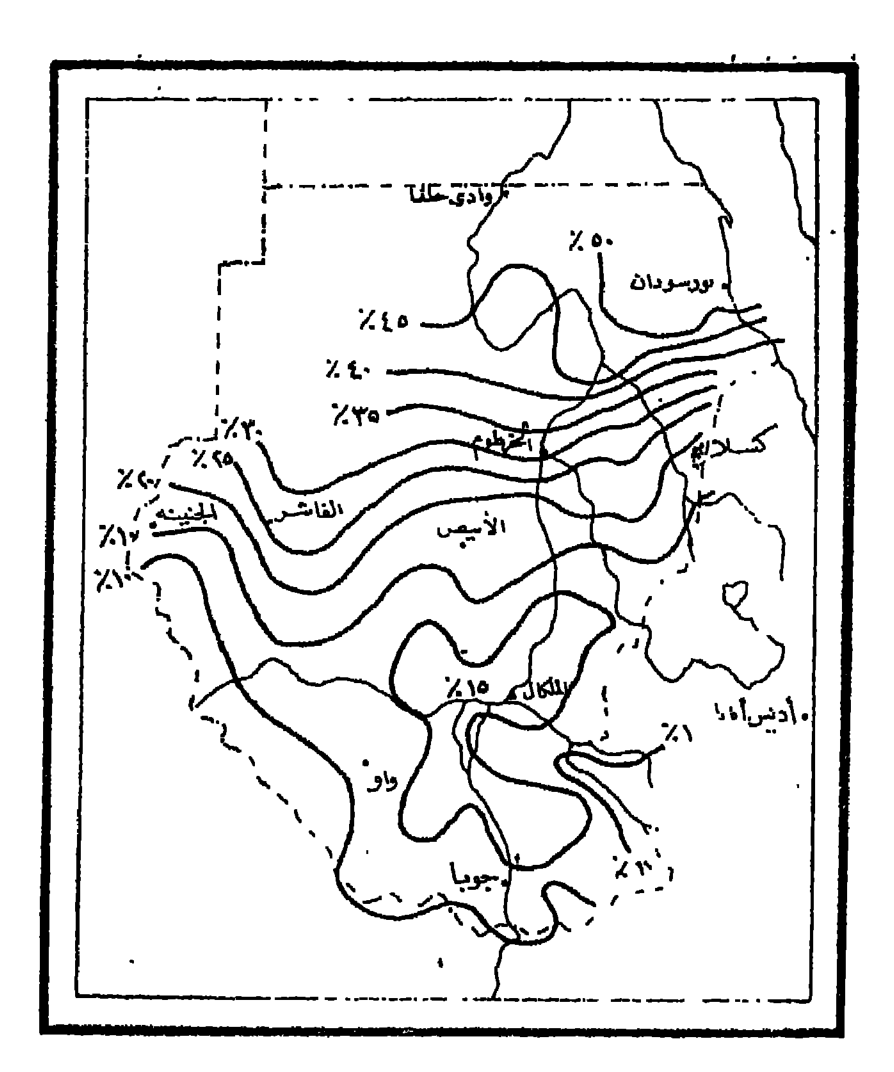
إذا كانت خرائط الحرارة والضغط والأمطار هى أهم أنواع الخرائط المناخية التى تستخدم خطوط التساوى كطريقة للتمثيل الكارتوجرافى ، فإن هناك أنواعاً أخرى من خرائط المناخ تستخدم نفس الطريقة ولكنها محدودة الاستخدام ، ومن ثم فسنقتصر هنا على شرح ثلاثة أنواع من هذه الطرق :—

### ( ا ) خطوط مدى تفاوت الأمطار :—

تتفاوت كميات الأمطار عن معدلها العام من سنة إلى أخرى إما بالزيادة أو بالنقصان وذلك لعدم ثبات العوامل التى تسببها ، ويقدر هذا التفاوت بالنسبة فى المائة للمعدل العام نفسه ويسمى « مدى تفاوت الأمطار » .

وبعد حساب هذا التفاوت فى المنطقة التى توضحها الخريطة نقوم بتوصيل المناطق ذات المدى الواحد بخطوط مدى تفاوت الأمطار Isopleths of Rainfall Variability وهى ترسم بنفس طريقة رسم خطوط التساوى السابقة ولكن بدون تعديل أرقامها .

ويوضح الشكل ( ٢٠٦ ) خريطة مدى التفاوت السنوى للأمطار فى السودان ، ومنه تتضح لنا طبيعة هذا النوع من الخرائط ، حيث نجد أن المناطق النزيرة الأمطار التى وضحتها لنا خريطة الأمطار السنوية فى السودان تقابلها فى هذا الشكل مناطق ذات مدى تفاوت مطرى منخفض ، بينما المناطق الجافة الواقعة فى شمال السودان نجدها فى هذا الشكل تتميز بنسبة تفاوت كبيرة .




شكل ( ٢٠٦ )
خطوط مدى تفاوت الأمطار فى السودان

فضلا عن استخدام خطوط التساوى فى تمثيل التفاوت السنوى للامطار ، فيمكننا أن نستخدم التظليل بنفس الطريقة التى استخدمناها فى خريطة المطر الخاصة بالسودان ، فنعطى كل نسبة معينة من تفاوت المطر تظليلا مميزاً يتدرج من الفاتح إلى الداكن تبعاً لزيادة هذا التفاوت ، ونرفق الخريطة بمفتاح لشرح التظليلات الموجودة عليها .

ومن هنا نجد أننا إذا قارنا بين خريطتين لمنطقة واحدة إحداها للمطر والأخرى لمدى تغير الأمطار وتفاوتها، وكانت الطريقة الكارتوجرافية المستخدمة فى تلك الخرائط هى طريقة خطوط التساوى مع استخدام التظليل ، فإننا سنجد أن اللون الداكن فى خريطة الأمطار

يقابله لون فاتح فى الخريطة الثانية ، وذلك لأن المناطق الشحيحة فى أمطارها تتميز بمعدل تفاوت مطرى شديد ، وتتضح هذه الظاهرة عند المقارنة بين خريطتى السودان فى الشكلين (٢٠٥)، (٢٠٦).

(ب) خطوط الزمن المتساوى :

يمكن استخدام فكرة خطوط التساوى فى تمثيل التغيرات الفصلية التى تطرأ على أية ظاهرة مناخية مثل الحرارة أو المطر ... الخ . فى فترة زمنية معينة تتكرر كل سنة وتعرف هذه الخطوط بخطوط الزمن المتساوى Date Isopleths ، ويقصد بها تلك الخطوط التى تمر بالمناطق التى تتعرض ظاهرة مناخية معينة فيها لتغيير يتكرر كل سنة . فمثلا ترسم خطوط الزمن المتساوى للمدى الذى يبلغه تقدم الجليد فى كل شهر من شهور السنة فى أمريكا الشمالية أو أوراسيا ، أو فى تمثيل مدى تقدم الأمطار الموسمية فى آسيا فى فترات زمنية معينة ... الخ . ومن الواضح أن هذه الطريقة تكون أكثر فعالية لو استخدمت فى توزيع أية ظاهرة مناخية فى مساحة واسعة . وقد استخدمت هذه الطريقة الكارتوجرافية بنجاح فى الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتى[1] لاتساع مساحتهما . كما يمكن استخدام هذه الطريقة فى تحديد الأقاليم المناخية .

(جـ) خطوط الأيزومير : —

تستخدم طريقة خطوط التساوى أيضاً فى دراسة الاختلافات الإقليمية الناتجة عن تغير نسب سقوط الأمطار فى شهر معين من شهور السنة . وتعرف خطوط التساوى المستخدمة فى هذه الحالة باسم خطوط الأيزومير Isomers .

ولإنشاء هذه الخطوط تقوم بحساب المعدل الشهرى لسقوط الأمطار فى كل شهر من شهور السنة فى كل محطة فى المنطقة موضوع الدراسة ، ونحول هذا المعدل إلى نسبة مئوية منسوبة إلى كمية المطر السنوى فى كل محطة . فمثلا إذا كانت كمية المطر السنوى فى محطة ما هى ٥٠٠ ملليمتر ، وفى نفس المحطة فى شهر معين تبلغ هذه الكمية ٥٠ ملليمتراً فتكون

(١) هناك أمثلة عديدة ونماذج دقيقة لخطوط الزمن المتساوى فى الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتى فى

— Atlas of American Agriculture , Washington 1936 .

— The Great Soviet World Atlas . Moscow 1938

نسبة مايسقط من المطر فى هذا الشهر إلى جملة المطر السنوى = ١٠ ٪ .

وبهذه الطريقة نواصل حساب تلك النسب فى هذا الشهر فى كل المحطات الميتيورولوجية الموضحة بالخريطة .

وبعد ذلك نقوم بتوصيل المناطق ذات نسب سقوط الأمطار المتساوية بعضها ببعض بخطوط متساوية ، فنحصل على خريطة لخطوط الأيزومير فى المنطقة فى هذا الشهر .

وبتكرار العمل فى باقى شهور السنة بنفس الطريقة يمكن أن نحصل للمنطقة الواحدة على إثنتى عشرة خريطة توضح توزيع نسب سقوط الأمطار فى كل شهر من شهور السنة بخطوط تجمع بين الأماكن ذات النسب المئوية المتساوية . وتوضح هذه الخريطة المناطق التى تستأثر بأكبر قدر من الأمطار وتلك التى لا يصيبها إلا القليل من المطر .

ويمكن استخدام هذه الطريقة فى توزيع ظاهرات مناخية أخرى غير المطر ، إلا أن استخدامها الشائع حتى الآن هو فى توزيع نسب سقوط الأمطار فى شهر معين .

## (سادساً) وردة الرياح

توضح وردة الرياح Wind-rose المتوسط التكرارى لمرات هبوب الرياح واتجاهها فى منطقة معينة . وهناك أنواع عديدة من وردات الرياح ولكننا سنكتفى هنا بذكر أهم أنواعها :

### (أ) وردة الرياح البسيطة :

تهدف وردة الرياح البسيطة Simple wind-rose إلى تمثيل اتجاه الرياح فى محطة معينة فى فترة زمنية معينة وعلى ارتفاع معين .

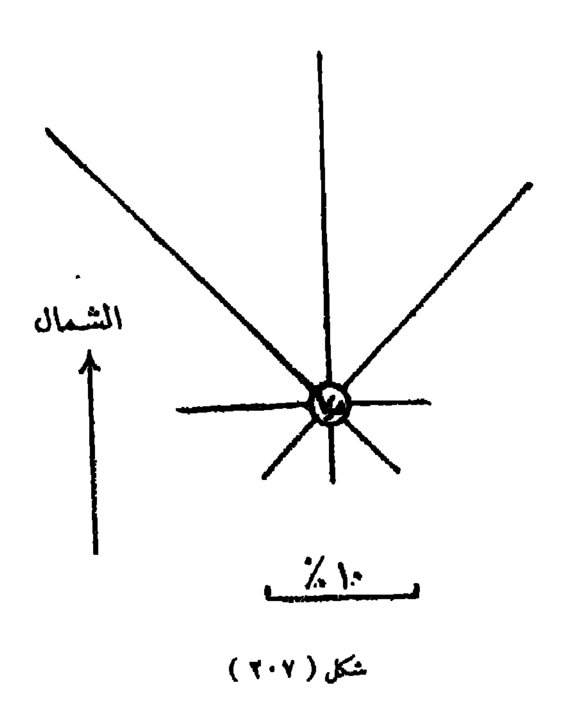
**مثال :**

الجدول التالى يوضح المعدل السنوى لتوزيع النسب المئوية لاتجاهات الرياح فى مدينة الإسكندرية ، والمطلوب رسم وردة رياح بسيطة تمثل اتجاهات الرياح بمدينة الإسكندرية .

| شمال | شمال شرق | شرق | جنوب شرق | جنوب | جنوب غرب | غرب | شمال غرب | سكون |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ٢١٫٥ | ١٨٫٤ | ٥٫٤ | ٥٫١ | ٣٫٧ | ٥٫٠ | ٨٫٩ | ٢٤٫٥ | ٧٫٥ |

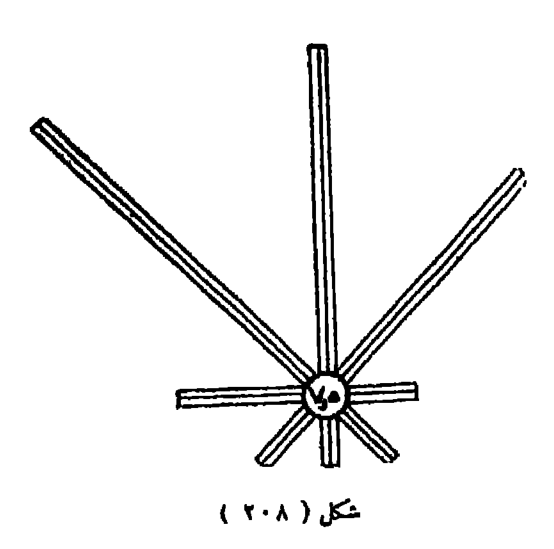
## حـل المثال :

١ — ترسم وردة الرياح البسيطة بمقياس رسم مناسب . ويتوقف إختيار مقياس الرسم على طبيعة الأرقام التي توضحها الإحصائية .



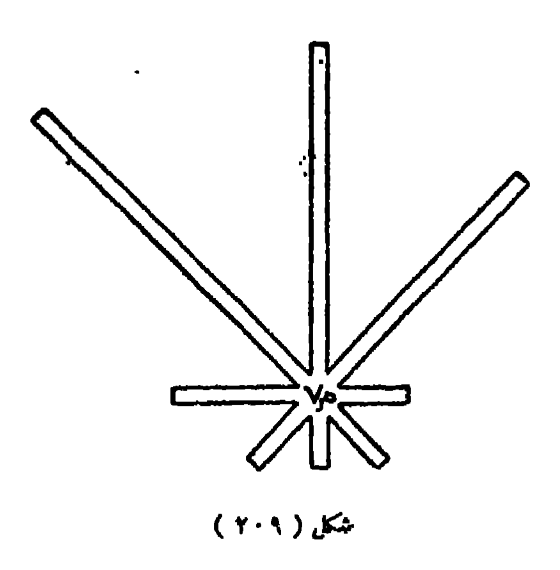

شكل ( ٢٠٧ )

٢ — إذا وقع اختيارنا على أن مقياس رسم وردة الرياح هو ٢ ملليمتر لكل ١٪ فيكون أكبر اتجاه هو اتجاه الشمال الغربي ( ٢٤٫٥ × ٢ = ٤٩٫٠ مم . ) وأصغر اتجاه هو اتجاه الجنوب ( ٣٫٧ × ٢ = ٧٫٤ مم . ) . أما الرقم الدال على النسبة المئوية لمرات السكون ( ٧٫٥ ) فنكتبه في وسط وردة الرياح .




شكل ( ٢٠٨ )

٣ — بعد ذلك نقوم برسم ثمانية خطوط تمثل الاتجاهات الثمانية التى توضحها الإحصائية ، وتتناسب أطوال هذه الخطوط تناسباً طردياً مع النسبة المئوية لكل اتجاه .




شكل ( ٢٠٩ )

٤ — يختلف الشكل البيانى لوردة الرياح من خريطة لأخرى ، فقد تكون خطوطها خطوطاً مفردة أو مزدوجة أو ثلاثية الشكل ، ولكن المهم هو تناسب أطوال هذه الخطوط مع أرقام الإحصائية وفقاً لمقياس الرسم المستخدم . ويظهر الفارق الشكلى بينها عند مقارنة وردات الرياح الثلاث التى توضحها الأشكال ( ٢٠٧ ، ٢٠٨ ، ٢٠٩ ) والتى تمثل جميعها اتجاهات الرياح فى مدينة الإسكندرية تبعاً للأرقام الواردة بالجدول السابق .

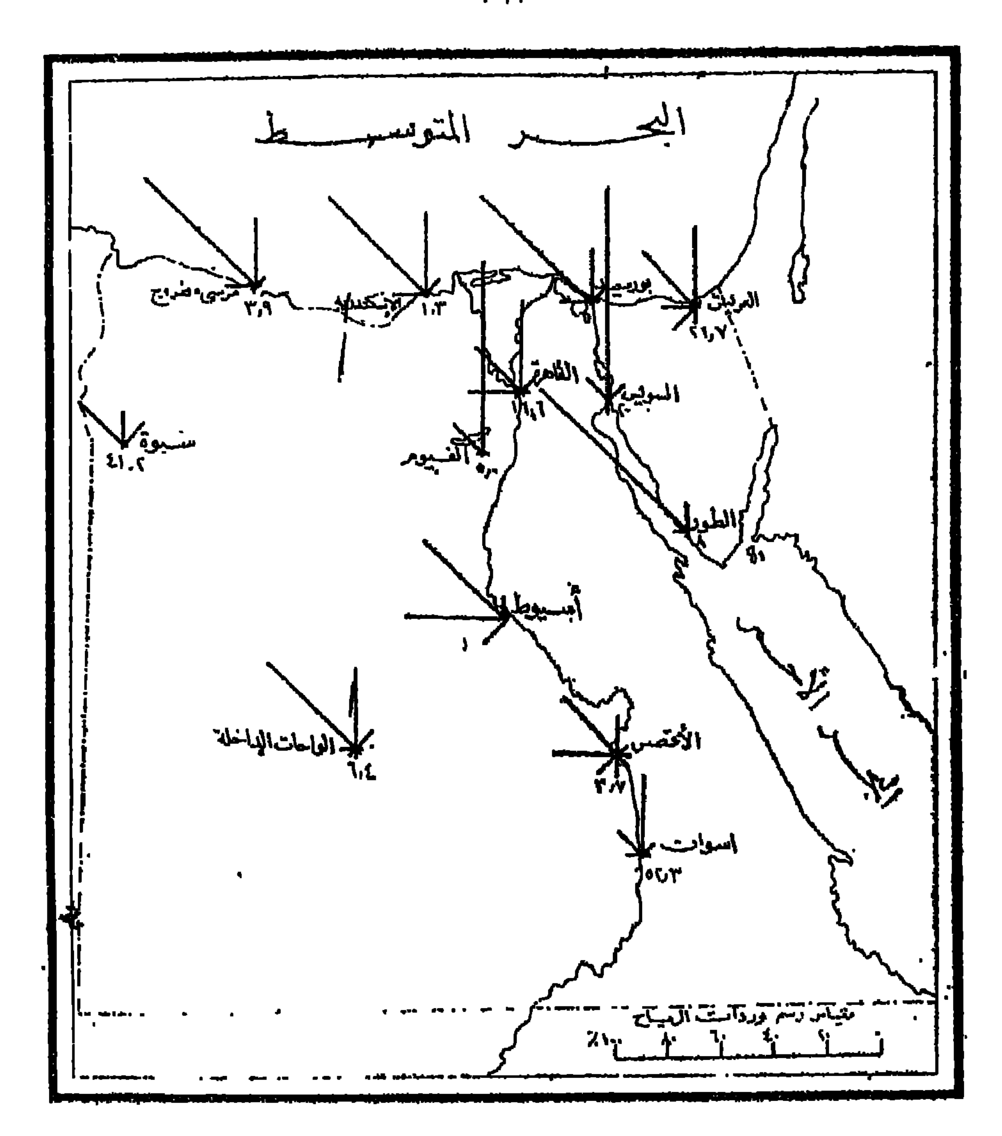
٥ — لا يجب أن تنسى توضيح مقياس الرسم المستخدم وكذلك اتجاه الشمال .

وترسم وردة الرياح على هيئة شكل بيانى منفصل فقط كما فى المثال السابق ، بل يمكن توقيع عدة وردات للرياح على خريطة واحدة لكى توضح اتجاه الرياح فى المنطقة التى تمثلها الخريطة .

مثـــال :

الجدول التالى يوضح المعدلات السنوية لتوزيع النسب المئوية لاتجاهات الرياح فى بعض المدن المصرية فى شهر يوليو ، والمطلوب رسم خريطة لاتجاهات الرياح فى مصر خلال هذا الشهر .

| المحطة / الاتجاه | شمال | شمال شرق | شرق | جنوب شرق | جنوب | جنوب غرب | غرب | شمال غرب | سكون |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| القاهرة | ٣٤و٠ | ٥و٠ | ١و٥ | ٠و٩ | ٠و١ | ١و٢ | ١٩و٦ | ٢١و١ | ١٦و٦ |
| الاسكندرية | ٢٨و٣ | ٨و١ | ٠و٥ | ٠و٢ | ٠و٢ | ٠و٤ | ١٠و١ | ٥٠و٩ | ١و٣ |
| بور سعيد | ١٧و٨ | ٥و٢ | ٠و٤ | ٠و٤ | ٠و٣ | ٧و٠ | ١٢و٣ | ٥٦و٤ | ٠و٢ |
| السويس | ٧٨و٥ | ٥و٤ | ٠و٢ | ٠و٢ | ٤و٠ | ٠و٣ | ٠و٢ | ٨و٩ | ٢و٣ |
| العريش | ٢٧و١ | ١و٩ | ٠و٨ | ٠و٦ | ٢و٨ | ٩و٦ | ٩و٧ | ٢٥و٨ | ٢١و٧ |
| مرسى مطروح | ٢٥و٤ | ٣و٩ | ٠و٧ | ٠و٤ | ٠و٢ | ٠و١ | ٩و٨ | ٥٥و٦ | ٣و٩ |
| سيوة | ١٣و٠ | ٩و٥ | ٢و٥ | ٠و٤ | ٠و٢ | ٠و٩ | ١٠و٦ | ٢١و٧ | ٤١و٢ |
| الطور | ٩و٦ | ٠و٦ | ٠و١ | ٠و١ | ٢و٢ | ٠و٧ | ٢و٧ | ٧٦و٠ | ٨و٠ |
| الواحات الداخلة | ٢٧و٧ | ٧و٥ | ١و٧ | ١و٤ | ١و٤ | ٢و٧ | ٥و٩ | ٤٥و٣ | ٦و٤ |
| الفيوم | ٧٠و٩ | ٧و١ | ٠و٦ | ٠و٢ | ٠و٤ | ٠و٤ | ٠و٤ | ١٥و٠ | ٥و٠ |
| أسيوط | ٨و١ | ٠و٤ | ٠و٣ | ٠و٣ | ٠و١ | ١١و٢ | ٣٦و٤ | ٤١و٣ | ١و٩ |
| الأقصر | ١٥و٠ | ٤و٦ | ٣و١ | ٥و١ | ٣و٩ | ١١و٢ | ٢٣و٨ | ٢٩ ٦ | ٣و٧ |
| أسوان | ٣٠و٠ | ٢و٨ | ٠و٣ | ٠و١ | ٠و٥ | ٠و٨ | ٤و٤ | ٨و٨ | ٥٢و٣ |




شكل ( ٢١٠ )
اتجاهات الرياح فى الجمهورية العربية المتحدة فى شهر يوليو

ولحل هذا المثال نقوم برسم خريطة لمصر موضح عليها المحطات المذكورة ، ثم ترسم وردة رياح( بنفس الطريقة التى شرحناها فى المثال السابق) لكل محطة مذكورة فى الجدول، وتوقع كل وردة منها فوق محطة الأرصاد الخاصه بها . وترفق الخريطة بمقياس رسم خطى يبين الطول النسبى لاتجاهات الرياح ، وهذا المقياس أهم لهذه الخريطة الناحية من المقياس الكيلومترى

( ب ) وردة الرياح المركبة :

تستخدم وردة الرياح المركبة Compound wind—rose فى تمثيل سرعة الرياح،واستخدامها

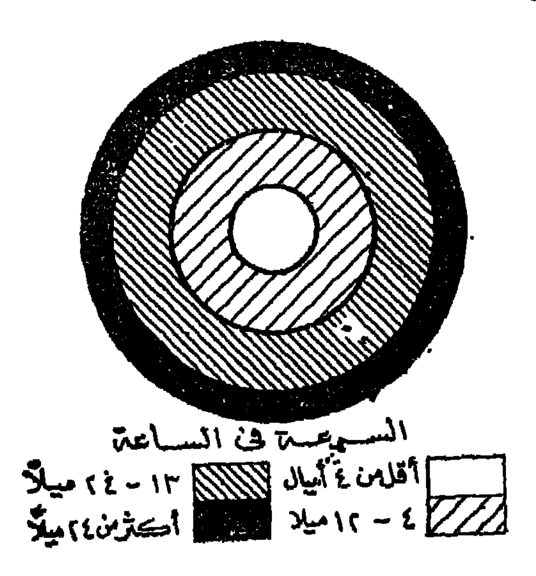
شائع فى توضيح سرعة الرياح العليا upper winds ، وتتخذ وردة الرياح المركبة شكلا دائرياً يختلف عن شكل وردة الرياح البسيطة .

فلو فرضنا أن توزيع النسب المئوية لسرعة الرياح فى محطة ما على ارتفاع ١٠٠٠ قدم مثلا كان على النحو التالى :

٢٠ ٪ بلغت سرعتها أقل من أربعة أميال فى الساعة .
٣٠ ٪ بلغت سرعتها من ٤ إلى ١٢ ميلا فى الساعة .
٣٥ ٪ بلغت سرعتها من ١٢ إلى ٢٤ ميلا فى الساعة .
١٥ ٪ بلغت سرعتها أكثر من ٢٤ ميلا فى الساعة .

ولرسم وردة الرياح المركبة على ضوء الإحصائية السابقة نتبع الآتى :

١ — أول خطوه فى إنشاء وردة الرياح المركبة هو أن ننشىء مفتاحاً للوردة يتكون من أربعة الوان تمثل الفئات المذكورة فى الإحصائية ، وتتدرج كثافة ألوان المفتاح بما يتناسب مع زيادة سرعة الرياح .




شكل ( ٢١١ )
وردة الرياح المركبة

٢ — نحدد مقياس رسم للدائرة يتناسب مع الأرقام الموجودة لدينا . فنفرض مثلا أن نصف قطر وردة الرياح المركبة هو ٢٥ ملليمتراً ، وبذلك يصبح نصف قطر فئة السرعة

الأولى ( ٢٠ ٪ ) = $\frac{٢٠ \times ٢٥}{١٠٠}$ = ٥ مم .

ونصف قطر الفئة الثانية ( ٣٠ ٪ ) = $\frac{٣٠ \times ٢٥}{١٠٠}$ = ٥ر٧ مم نضيفها إلى نصف قطر الفئة الأولى أى يصبح ٥ر٧ + ٥ = ٥ر١٢ مم .

ونصف قطر الفئة الثالثة (٣٥ ٪) = $\frac{٣٥ \times ٢٥}{١٠٠}$ = ٨ر٧ مم نضيفها أيضاً إلى نصف قطر الفئة الثانية أى = ٥ر١٢ + ٨ر٧ = ٢ر٢١ مم .

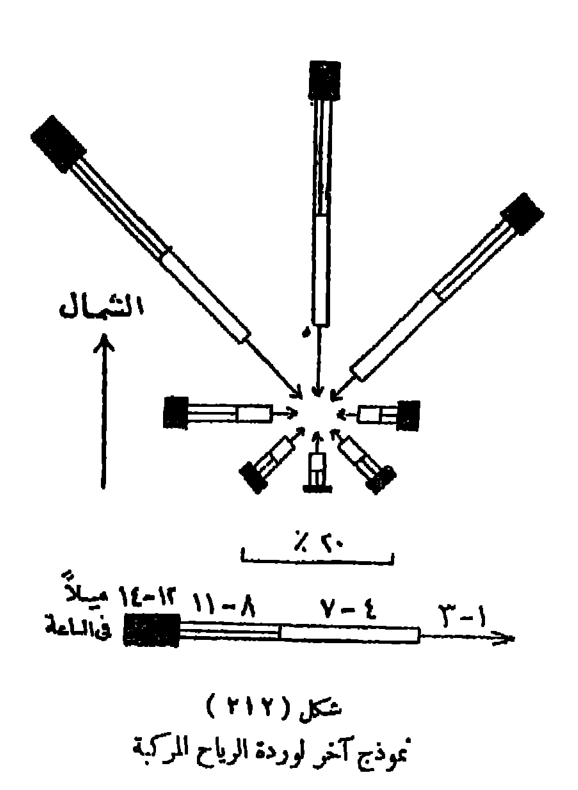
ونصف قطر الفئة الرابعة والأخيرة = $\frac{١٥ \times ٢٥}{١٠٠}$ = ٨ر٣ مم نضيفها إلى نصف قطر الفئة الثالثة أى = ٢ر٢١ + ٨ر٣ = ٢٥ مم .

٣ — بعد ذلك نرسم أربع دوائر متداخلة وموحدة المركز مستخدمين أنصاف الأقطار التى ذكرناها فى البند السابق .

٤ — نقوم بتظليل كل دائرة منها باللون الموضح فى المفتاح الذى وضعناه .

٥ — إذا توفرت لدينا إحصاءات عن سرعة الرياح على ارتفاعات مختلفة ، فيمكننا أن نرسم عدداً من وردات الرياح المركبة يتناسب طردياً مع الارتفاعات التى توضحها الإحصائية . وإذا تم رسم مثل هذه الوردات فإننا سنلاحظ على الفور تزايد سرعة الرياح بالارتفاع ، إذ أننا سنجد أن اللون الخاص بالسرعات الكبيرة سيزداد سمكا بينما يتناقص سمك الألوان الخاصة بالسرعة البطيئة .

وهناك نوع آخر من وردات الرياح المركبة لا توضح سرعة الرياح على ارتفاع معين فقط ، ولكنها تمثل السرعة والاتجاه معاً . وهى تشبه فى شكلها وردة الرياح البسيطة ولكنها تختلف عنها فى أنها تمثل السرعة أيضاً . ويوضح الشكل ( ٢١٢ ) نموذجاً لهذا النوع من وردات الرياح المركبة . فالاتجاهات التى تأتى منها الخطوط صوب مركز الوردة تمثل اتجاهات الرياح ، بينما ينقسم كل خط منها إلى أربعة أقسام تمثل أربع فئات




شكل (٢١٢)
نموذج آخر لوردة الرياح المركبة

للسرعة . ويأخذ كل قسم منها شكلا يتناسب مع الشكل المحدد للفئة التى يمثلها والذى يوضحه مفتاح السرعة المرافق لوردة الرياح المركبة .

## (هـ) وردة الرياح المثمنة :

وردة الرياح المثمنة Octagonal wind - rose عبارة عن رسم بيانى مثمن الشكل ، ويمثل تكرارات هبوب الرياح واتجاهاتها فى محطة معينة فى كل شهور السنة ، وبالنسبة للاتجاهات الثمانية . أى أن وردة الرياح المثمنة تمثل أرصاد اثنى عشر شهراً بالنسبة لثمانية اتجاهات ، بالإضافة إلى نسبة السكون فى كل منها .

### مثال :

الجدول التالى يوضح المعدلات الشهرية لتوزيع النسب المئوية لاتجاهات الرياح فى مدينة الإسكندرية ، والمطلوب رسم وردة رياح مثمنة تبين اتجاهات الرياح فى المدينة فى كل شهور السنة .

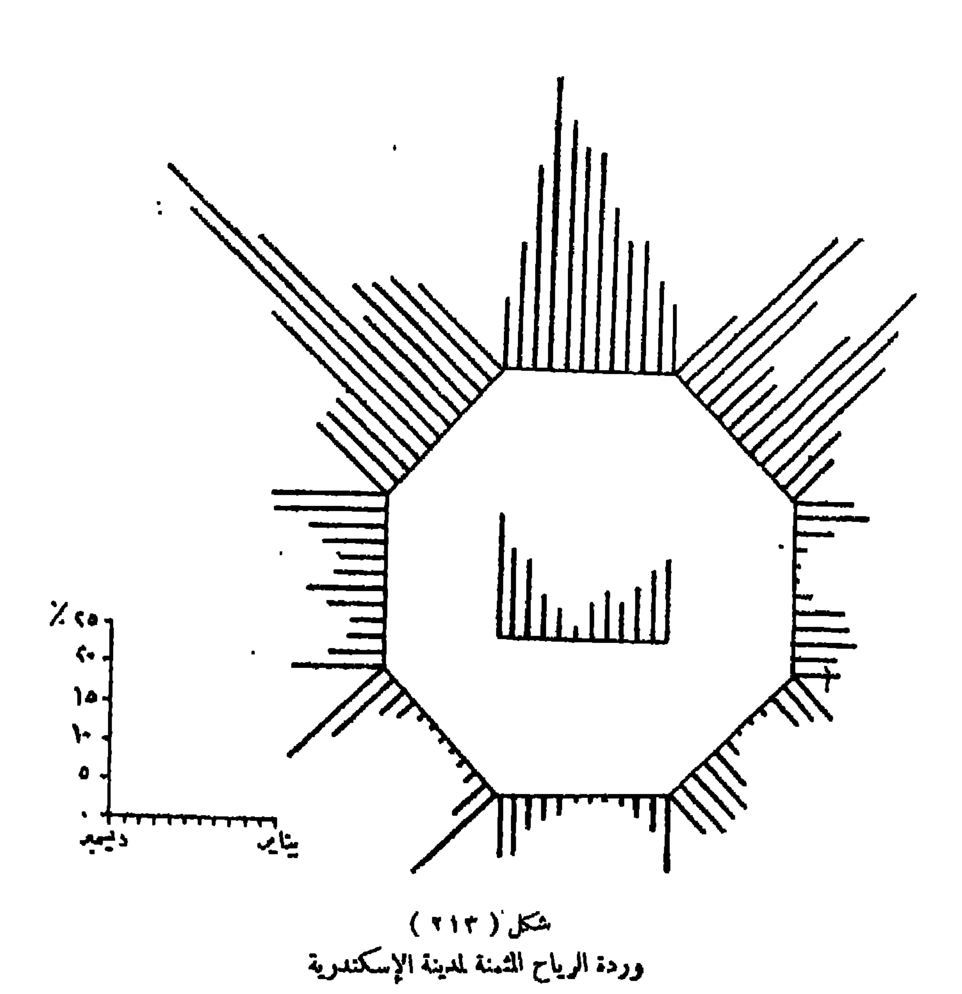
| الاتجاه / الشهر | شمال | شمال شرق | شرق | جنوب شرق | جنوب | جنوب غرب | غرب | شمال غرب | سكون |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| يناير | ٩ر٧ | ٧ر٩ | ٦ر٧ | ٧ر٢ | ٧ر٩ | ١٦ر٩ | ١٥ر٨ | ١٦ر٣ | ١١ر٦ |
| فبراير | ١٢ر٧ | ١٠ر٩ | ٦ر٤ | ٨ر٦ | ٧ر٨ | ١٠ر٣ | ١٤ر٧ | ١٩ر٦ | ٩ر٠ |
| مارس | ١٧ر١ | ٢٠ر٢ | ٨ر٧ | ٨ر٢ | ٣ر٩ | ٤ر٤ | ١٠ر٤ | ٢٠ر٠ | ٧ر١ |
| إبريل | ١٧ر٤ | ٢٥ر٨ | ٧ر٥ | ٨ر٣ | ٣ر٠ | ٢ر٨ | ٨ر٦ | ٢٢ر٠ | ٤ر٦ |
| مايو | ٢١ر٦ | ٣٠ر٩ | ٧ر٤ | ٦ر٤ | ٢ر٥ | ١ر١ | ٦ر٠ | ١٨ر٠ | ٦ر١ |
| يونيو | ٢٨ر٠ | ١٨ر٨ | ٢ر٧ | ٢ر٦ | ٠ر٥ | ٠ر٧ | ٦ر٥ | ٣٥ر٦ | ٤ر٦ |
| يوليو | ٢٨ر٣ | ٨ر١ | ٠ر٥ | ٠ر٢ | ٠ر٢ | ٠ر٤ | ١٠ر١ | ٥٠ر٩ | ١ر٣ |
| أغسطس | ٣٢ر٢ | ٩ر٩ | ٠ر٦ | ٠ر٢ | ٠ر٤ | ٠ر٧ | ٧ر٧ | ٤٤ر٥ | ٣ر٨ |
| سبتمبر | ٣٨ر٨ | ١٩ر٧ | ١ر٩ | ١ر٤ | ١ر١ | ١ر٠ | ٣ر٨ | ٢٧ر١ | ٥ر٢ |
| أكتوبر | ٢٦ر٨ | ٣٠ر٨ | ٥ر٣ | ٤ر٨ | ٢ر٨ | ١ر٩ | ٣ر٩ | ١٣ر٨ | ٩ر٩ |
| نوفمبر | ١٥ر٧ | ٢٧ر٣ | ٩ر٥ | ٥ر٨ | ٤ر٣ | ٥ر٢ | ٧ر٢ | ١٣ر٤ | ١١ر٥ |
| ديسمبر | ٩ر٣ | ١٠ر٣ | ٧ر٧ | ٧ر٥ | ٩ر٦ | ١٤ر٨ | ١٢ر٢ | ١٣ر٠ | ١٥ر٦ |

حل المثال :

١ — الخطوة الأولى فى رسم وردة الرياح المثمنة هى رسم ثمانية أضلاع ليمثل كل ضلع منها اتجاه الرياح فى جهة واحدة فقط فى كل شهور السنة ، أى أن كل ضلع منها يعتبر بمثابة خط قاعدة لاثنى عشر عموداً . ومن ثم فإن الشكل سيشتمل على ( ٩٦ )عموداً على أضلاعه الثمانية ، يضاف إليها ( ١٢ ) عموداً فى داخل الوردة المثمنة لتمثل معدل السكون فى شهور السنة المختلفة .

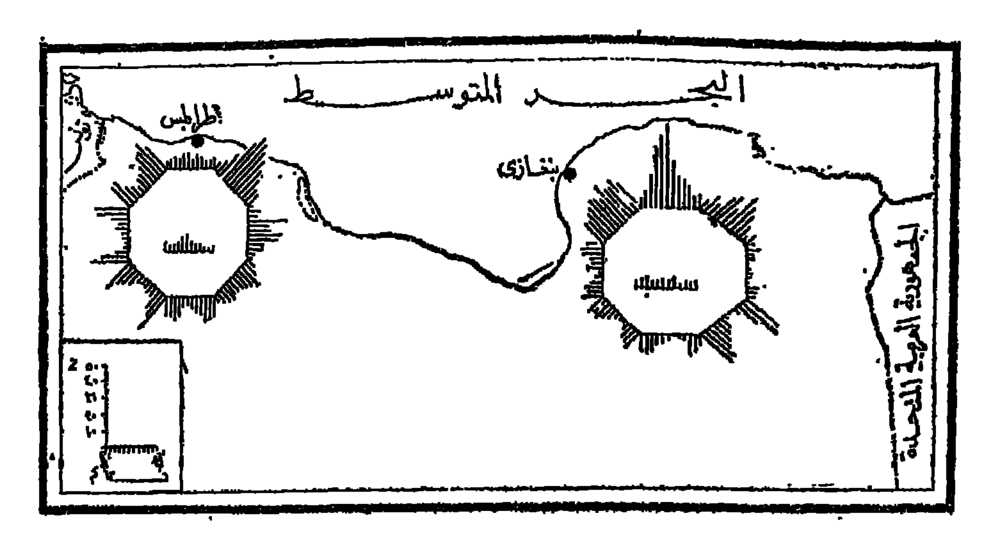
٢ — تحدد أطوال الأعمدة وفقا لمقياس الرسم المستخدم . وعلى هذا فسيكون لدينا مقياسان للرسم : مقياس أفقى يحدد طول أضلاع المثمن، أى أن طول مقياس الرسم الأفقى سيكون هو نفسه طول أى ضلع من أضلاع الشكل ، ومقياس رأسي يتحدد على أساسه طول كل عمود فى المثمن .

٣ — لا تمثل وردة الرياح الثمنة أرقاماً نسبية فقط ، بل يمكن أن تعبر عن أرقام مطلقة أيضاً ، وإن كانت الحالة الأولى هي الأكثر شيوعاً واستخداماً .




شكل ( ٢١٣ )
وردة الرياح الثمنة لمدينة الإسكندرية

٤ — لا يشترط أن ترسم وردة الرياح الثمنة منفصلة عن الخرائط بل يمكن توقيع أكثر من وردة مثمنة على الخريطة ، كأن ترسم وردة رياح مثمنة لكل محافظة من محافظات الجمهورية العربية المتحدة أو لكل ولاية فى الولايات المتحدة الأمريكية . وتعرف وردة الرياح الثمنة فى هذه الحالة بأنها موقعة Located wind - rose على الخريطة . ويوضح الشكل ( ٢١٤ ) نموذجاً لهذا النوع من وردات الرياح فى مدينتى بنغازى وطرابلس بليبيا



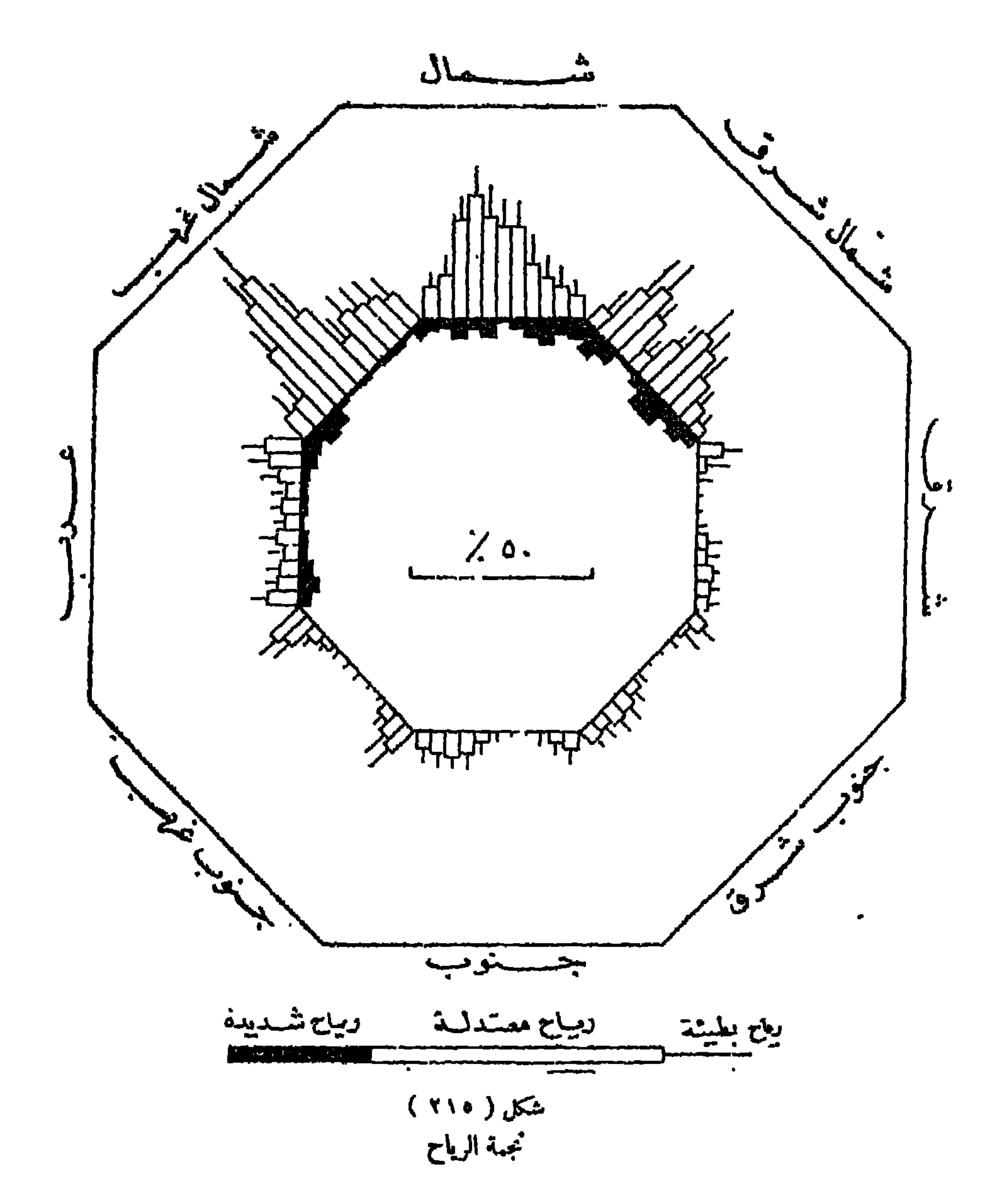

شكل ( ٢١٤ )
اتجاهات الرياح فى ليبيا

## (سابعاً) نجمة الرياح

تشبه نجمة الرياح Wind Star وردة الرياح الثمنة ، ولكن الفارق بينهما هو أن نجمة الرياح تمثل كلا من اتجاهات الرياح وسرعتها فى ثمانية اتجاهات . بينما تقتصر الوردة الثمنة على توضيح تردد Frequency الرياح فقط فى الاتجاهات الثمانية . كما تتكون نجمة الرياح من شكلين مثمنين متداخلين يكتب على الشكل الخارجى منهما نوع الاتجاه، ويرسم على الشكل الآخر الأعمدة الخاصة بشهور السنة .

ويجب أن نلاحظ عند رسم الشكلين المثمنين أن يكون الفارق بين الشكل الخارجى والشكل الداخلى بما يسمح للأعمدة البيانية أن تمتد تبعاً لمقياس الرسم المستخدم دون أن تلمس المثمن الخارجى .

ولا ترسم الأعمدة المقامة على المثمن الداخلى بسمك واحد ،بل يتغير سمك العمود الواحد تبعاً لتغير سرعة الرياح فى كل شهر وفى كل اتجاه . وفى هذه الحالة يمكن أن تمثل السرعة بأرقام مطلقة كأن نوضح سرعة الرياح بالكيلومتر أو بالميل ، كما يمكن أن توضح الأعمدة طبيعة الرياح نفسها ، كأن ينقسم العمود الواحد إلى ثلاثة أقسام يوضح أحدهم العواصف ويمثل السمك الثانى الرياح المعتدلة ويعبر السمك الثالث عن الرياح الخفيفة ، وفقا لمقياس رسم نختاره ، ويختلف سمك العمود تبعاً لاختلاف طبيعة الرياح .




شكل ( ٢١٥ )
نجمة الرياح

ونظراً للصعوبة الإحصائية التي تواجهنا عند رسم نجمة الرياح ، فإننا لا نوقعها على الخرائط كما كنا نفعل فى وردة الرياح الثمنة ، لأن إنشاء نجمة الرياح يحتاج إلى بيانات عن تردد اتجاه الرياح فى كل شهر من شهور السنة، وفى كل اتجاه من الاتجاهات الثمانية، أى أننا سنرسم ( ٩٦ ) عموداً ينقسم كل عمود منها على الأقل إلى ثلاث فئات من السرعة ، أى أننا نقسم كل عمود من الأعمدة السابقة إلى ثلاثة أجزاء تتناسب مع تغير سرعة الرياح فى كل اتجاه .

# ( ثامناً ) محصلة الرياح

توضح محصلة الرياح Resultant طبيعة الرياح السائدة Prevailing winds، وهى ضرورية فى جميع الأعمال العمرانية التى تحتاج إلى معرفة اتجاه الرياح السائدة فى منطقة معينة ، وذلك لأن المحصلة تلخيص لكل القراءات من حيث اتجاه الرياح ومن حيث ترددها على ارتفاعات مختلفة أو على مدار فترات زمنية متباينة .

وتعتمد المحصلة فى إنشائها على البيانات الخاصة بحركة الرياح فى الاتجاهات الثمانية . ولإيجاد المحصلة نقوم باختصار الثمانى قراءات إلى قراءتين فقط على النحو التالى :

١ — نختصر الثمانى قراءات إلى أربع قراءات فقط بأن نوزع قراءات الاتجاهات الفرعية وهى : الشمال الشرقى ـ الجنوب الشرقى ـ الشمال الغربى ـ الجنوب الغربى ، على الاتجاهات الأصلية الأربعة مناصفة . فنعطى نصف قراءة كل اتجاه فرعى إلى كل من الاتجاهين الأصليين المجاورين له ، فنحصل على قراءات الاتجاهات الأصلية فقط .

٢ - لاختصار القراءات الأصلية إلى قراءتين فقط نقوم بجمع قيمة كل اتجاهين متقابلين جمعاً جبرياً،أى أن يكون الشمال والشرق موجبين والجنوب والغرب سالبين .

٣ — بعد أن نحصل على الاتجاهين الأصليين وهما إما شمال أو جنوب وشرق أو غرب نبدأ فى رسم المحصلة نفسها ، فهى كما ترى تلخيص لكل قراءات الرياح .

٤ — ننشىء محورين متعامدين ونأخذ على الاتجاهين الأصليين لهما طولين متناسبين مع قيمة المركبتين الأفقية والرأسية اللتين توصلنا إليهما فى النقطة السابقة وفق مقياس رسم مناسب ،

٥ -- بعد هذا نقوم بتكملة متوازى الأضلاع ، ويصبح قطره هو المحصلة المطلوبة اتجاها ومقداراً .

<u>مثال :</u>

يوضح الجدول التالى المعدلات السنوية لتوزيع النسب المئوية لاتجاهات الرياح فى مدينة بنغازى، والمطلوب رسم محصلة الرياح اتجاهاً ومقداراً ،

| شمال | شمال شرق | شرق | جنوب شرق | جنوب | جنوب غرب | غرب | شمال غرب | سكون |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ٢١ر٥ | ١٣ر٠ | ٢ر٥ | ١٢ر٥ | ٧ر٠ | ٧ر٥ | ٨ر٥ | ٢٢ر٥ | ٥ر٠ |

حـل المثال :—

١ — نبدأ العمل باختصار قراءات كل الاتجاهات إلى أربع قراءات فقط . فنقوم بتقسيم قراءات الاتجاه الشمالى الشرقى مناصفة بين الاتجاهين الشمالى والشرقى ، أى أن نقسم الرقم ١٣ر٠ بينهما فتصبح قراءة الاتجاه الشمالى = ٦ر٥ + ٢١ر٥ = ٢٨ر٠ وقراءة الاتجاه الشرقى = ٢ر٥ + ٦ر٥ = ٩ر٠ .

٢ — بنفس الطريقة نقوم بتوزيع قراءات الاتجاهات الفرعية على الاتجاهات الأصلية المحيطة بها . وعلى هذا الأساس تصبح قراءات الاتجاهات الأصلية الثلاثة الأخرى على النحو التالى:

الشمال = ٢١ر٥ + ٦ر٥ + ١١ر٢٥ = ٣٩ر٢٥ .

الشرق = ٢ر٥ + ٦ر٥ + ٦ر٢٥ = ١٥ر٢٥ .

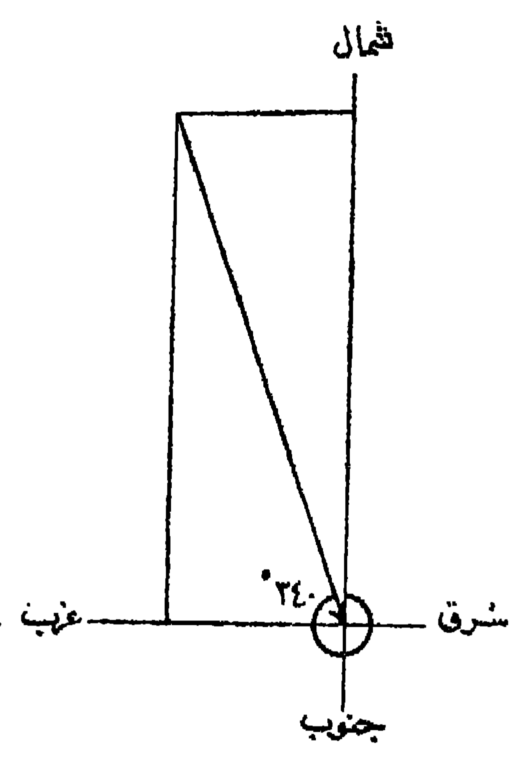
الجنوب = ٧ + ٦ر٢٥ + ٣ر٧٥ = ١٧ر٠٠ .

الغرب = ٨ر٥ + ٣ر٧٥ + ١١ر٢٥ = ٢٣ر٥٠ .

٣ — بعد ذلك نقوم بجمع قراءة كل اتجاهين متقابلين جمعاً جبرياً . فنجمع الشمال والجنوب جمعاً جبرياً أى +٣٩ر٢٥، — ١٧ر٠٠ = ٢٢ر٢٥ ونجمع الشرق والغرب جمعاً جبرياً أى +٢٣ر٥٠، — ١٥ر٢٥ = ٨ر٢٥.

٤ — بهذه الطريقة نكون قد حصلنا على قراءتين فقط هما : +٢٢ر٢٥ ، —٨ر٢٥، أى أن القراءة الأولى فى اتجاه الشمال والثانية فى اتجاه الغرب .

٥ — نرسم محورين متعامدين تبعاً لمقياس رسم معين ، كأن نفترض أن كل ١٪ = ٣ ملليمترات مثلا ، فنأخذ على المحور الرأسى فى اتجاه الشمال بعداً طوله ٢٢ر٢٥ × ٣ = ٦٦ر٧٥ مم ، وعلى المحور الأفقى فى اتجاه الغرب بعداً طوله ٨ر٢٥ × ٣ = ٢٤ر٧٥ مم .




شكل ( ٢١٦ )
محصلة الرياح فى بنغازى

٦ — بعد ذلك نكمل متوازى الأضلاع، ويصبح قطره هو المحصلة المطلوبة :
اتجاهاً = الاتجاه الشمالى الغربى ، مقداراً = ٣٤٠° .

وإذا توصلنا إلى إيجاد محصلة الرياح لعدة ارتفاعات فى محطة واحدة فإنه يمكننا أن نحصل منها على منحنى تغير الرياح بالارتفاع من حيث السرعة ومن حيث الاتجاه .

مثال :

الجدول التالى يوضح المعدلات السنوية لتوزيع النسب المئوية لاتجاهات الرياح فى مدينة نيقوسيا ، والمطلوب تمثيل تغير منحنى الرياح بالارتفاع من حيث السرعة ومن حيث الاتجاه .

| الاتجاه / الارتفاع | ش | ش ق | ق | ج ق | ج | ج غ | غ | ش غ | سكون | السرعة بالعقدة |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ٥٠٠ متر | ١٩ | ٧ | ٢ | ٣ | ٠ | ٤ | ٢٢ | ٣٧ | ١ | ٦ر٢ |
| ١٠٠٠ متر | ٣٨ | ١٤ | ١ | ٠ | ٠ | ٣ | ٦ | ٣٨ | ٠ | ٨ر١ |
| ٢٠٠٠ متر | ٢٢ | ٨ | ٥ | ٠ | ٢ | ١٥ | ١٨ | ٣٠ | ٠ | ٨ر٩ |
| ٤٠٠٠ متر | ١٠ | ٨ | ٠ | ١ | ٧ | ٢٧ | ٢٥ | ٢١ | ١ | ١٠ر٣ |

حل المثال : —

١ — نرسم محصلة لكل ارتفاع توضحة الإحصائية بعد تعديل القراءات إلى أربع قراءات فقط،فتصبح بياناتها لكل ارتفاع على النحو التالى :

ارتفاع ٥٠٠ متر { الشمال ٤١ر٠ ، الشرق ٧ر٠ .
الجنوب ٣ر٥ ، الغرب ٤٧ر٥ .

ارتفاع ١٠٠٠ متر { الشمال ٦٤ر٠ ، الشرق ٨ر٠ .
الجنوب ١ر٥ ، الغرب ٢٦ر٥ .

ارتفاع ٢٠٠٠ متر { الشمال ٤١ر٠ ، الشرق ٩ر٠ .
الجنوب ٩ر٥ ، الغرب ٤٠ر٥ .

ارتفاع ٤٠٠٠ متر { الشمال ٢٤ر٥ ، الشرق ٤ر٥ .
الجنوب ٢١ر٠ ، الغرب ٤٩ر٠ .

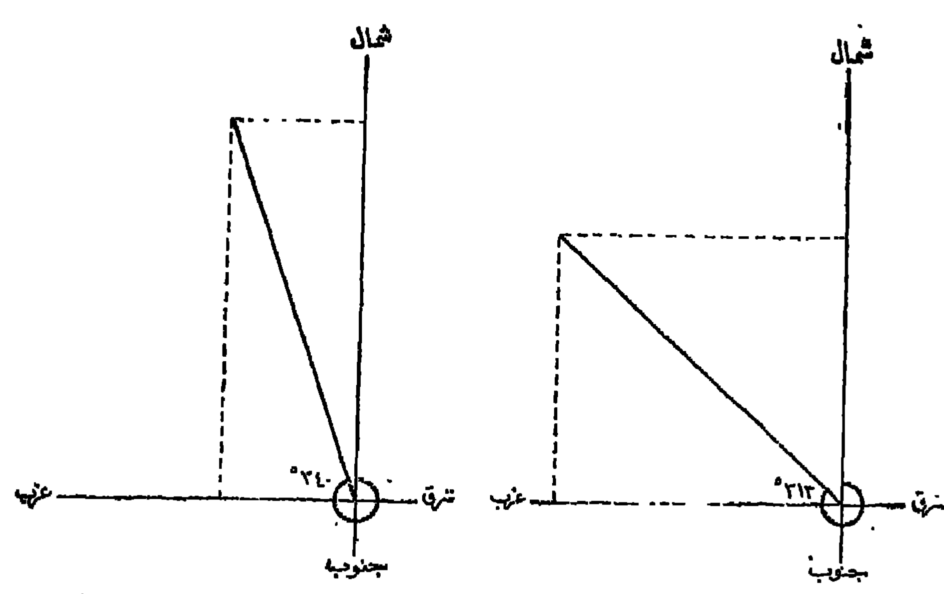
٢ — نختصر القراءات الأربع إلى قراءتين فقط بالنسبة لكل ارتفاع وذلك بجمع كل اتجاهين متقابلين جمعاً جبرياً،فتصبح بياناتها على النحو التالى:

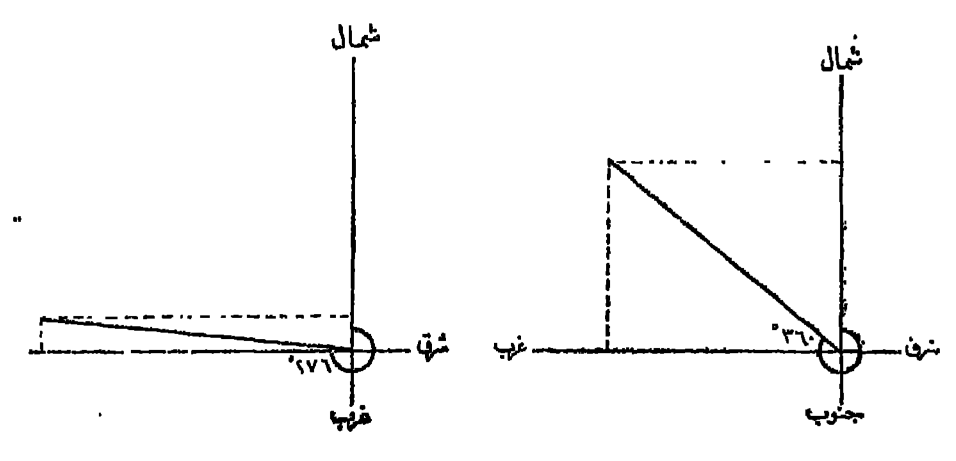
ارتفاع ٥٠٠ متر : الشمال ٣٧ر٥ ، الغرب ٤٠ر٥ .

ارتفاع ١٠٠٠ متر : الشمال ٦٢ر٥ ، الغرب ١٨ر٥ .

ارتفاع ٢٠٠٠ متر : الشمال ٣٢ر٥ ، الغرب ٣١ر٥ .

ارتفاع ٤٠٠٠ متر : الشمال ٣ر٥ ، الغرب ٤٥ر٥ .



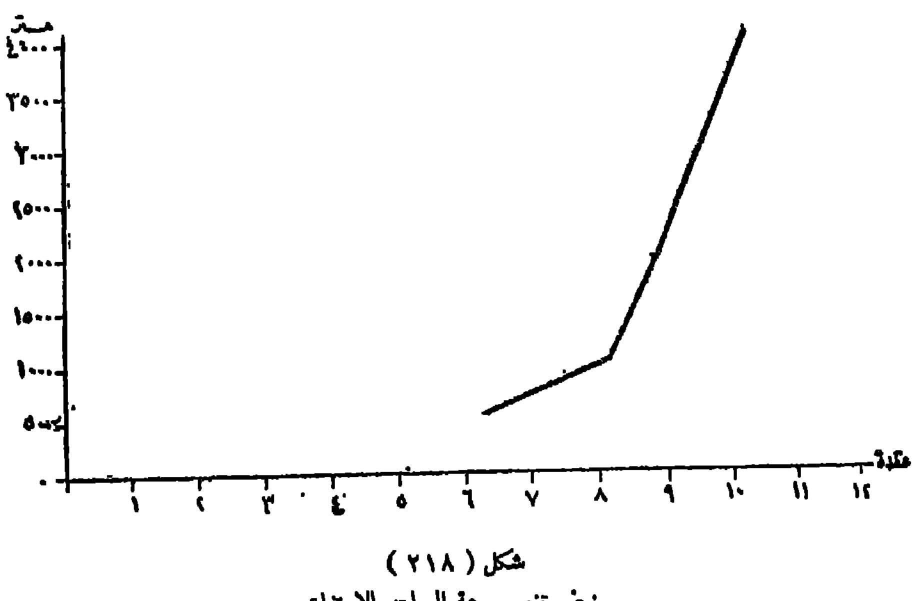




شكل ( ٢١٧ )
محصلات الرياح فى نيقوسيا على ارتفاعات مختلفة

٣ — نرسم أربع محصلات بمقياس رسم موحد ، لأن رسم المحصلة هو الخطوة الأولى التى تسبق إنشاء منحنيات تغير السرعة والاتجاه بالارتفاع .

٤ — أما تغير سرعة الرياح بالارتفاع فيتم توقيعه على محورين متعامدين : يبين المحور الأفقى منهما السرعة بالعقدة ، ويبين المحور الرأسى الارتفاع بالأمتار . ثم توقع سرعة الرياح على المحور الأفقى أمام الارتفاع الخاص بها على المحور الرأسى ، وتوصل

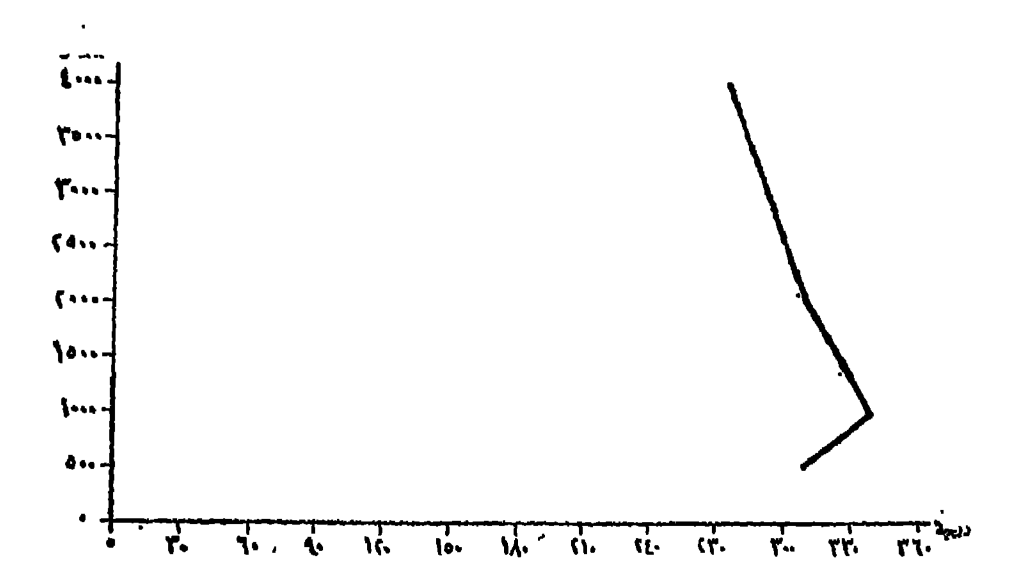
هذه النقط بخط يوضح تغير سرعة الرياح بالارتفاع ، مع العلم بأن سرعة الرياح موضحة فى الجدول نفسه




شكل ( ٢١٨ )
منحنى تغير سرعة الرياح بالارتفاع

٥ — أما تغير اتجاه الرياح بالارتفاع فيتم توقيعه بنفس الطريقة التى وقعنا بها بيانات السرعة ، ولـكن المحور الأفقى هنا يوضح اتجاه الرياح بالدرجات ، بينما يوضح المحور الرأسى الارتفاع بالأمتار . وقيمة درجات اتجاه الرياح لا يوضحها الجـدول نفسه ولـكننا نحصل عليها من قياس مقدار ميل محصله الرياح على كل ارتفاع ، فهى تبلغ ٣١٣° على ارتفاع ٥٠٠ متر وتبلغ ٣٤٠° ، ٣١٠° ، ٢٧٦° ، على الارتفاعات ١٠٠٠ ، ٢٠٠٠ ، ٤٠٠٠ متر على الترتيب . وبعـد الحصول على قيمة كل اتجاه نقوم بتوقيع هذه القيمة أمام الارتفاع الخاص بها . وبتوصيل هـــذه النقط بخط متصل نحصل على منحنى تغـير اتجـاه الرياح بالارتفاع .

٦ — يجب أن نلاحظ أن منحنى تغير اتجاه الرياح بالارتفاع يوضح طبيعة الرياح نفسها ، فإذا غيرت الرياح اتجاهها شطر اتجاه تحرك عقارب الساعة ، كأن تـكون شمالية ثم تصبح شمالية شرقية فيقال لها عندئذ أنها رياح متقدمة Veering ، وأما إذا تراجعت فى اتجاه مضاد لحركة عقارب الساعة كأن تـكون شمالية غربية ثم تصبح غربية فتعرف عندئذ بالرياح المتراجعة Backing

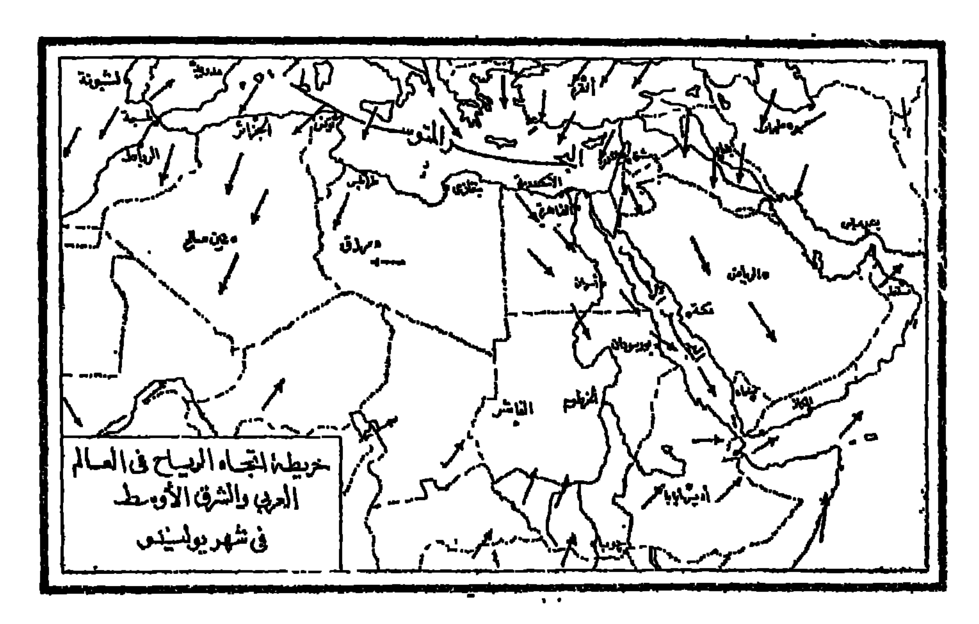



شكل ( ٢١٩ )
منحنى تغير اتجاه الرياح بالارتفاع

## ( تاسعاً ) الأسهم

تستخدم الأسهم فى توضيح الحركة الأفقية للرياح . وتظهر هذه الأسهم إما بشكل متصل يوضح مسارات Trajectories الهواء أو على هيئة أسهم صغيرة « تطير مع الرياح » وتبين اتجاهات الرياح السائدة فى أوقات مختلفة من السنة . وفى هذه الحالة الأخيرة لا يشترط أن ترسم الأسهم تبعاً لجداول إحصائية دقيقة، بل يكفى أن نستعين بخطوط الضغط المتساوى لنرسم أسهم الرياح تتحرك من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض. ويوضح الشكل ( ٢٢٠ ) نموذجاً لهذه الأسهم وهى تبين حركة الرياح فى العالم العربى فى شهر يوليو، ويوقع هذا النوع من الأسهم على خرائط صغيرة القياس .

أما إذا كان مقياس رسم الخريطة كبيراً والبيانات الإحصائية ، متوفرة بحيث توضح بالتفصيل اتجاه وسرعة الرياح فى المنطقة التى تمثلها الخريطة ، ففى هذه الحالة يمكن أن تتخذ الأسهم شكلا آخر بحيث تمثل اتجاه الرياح وسرعتها فى وقت واحد . فإما أن نرفق كل سهم بمجموعة من الريش Tail - feathers تمثل كل ريشة منها عدداً معيناً من الكيلو مترات أو الأميال ، وإما أن ترسم الأسهم بسمك يختلف تبعاً لاختلاف سرعة الرياح وتبعاً لنسبة ترددها . ويوضح الشكل ( ٢٢١ ) نموذجاً لمثل




شكل ( ٢٢٠ )

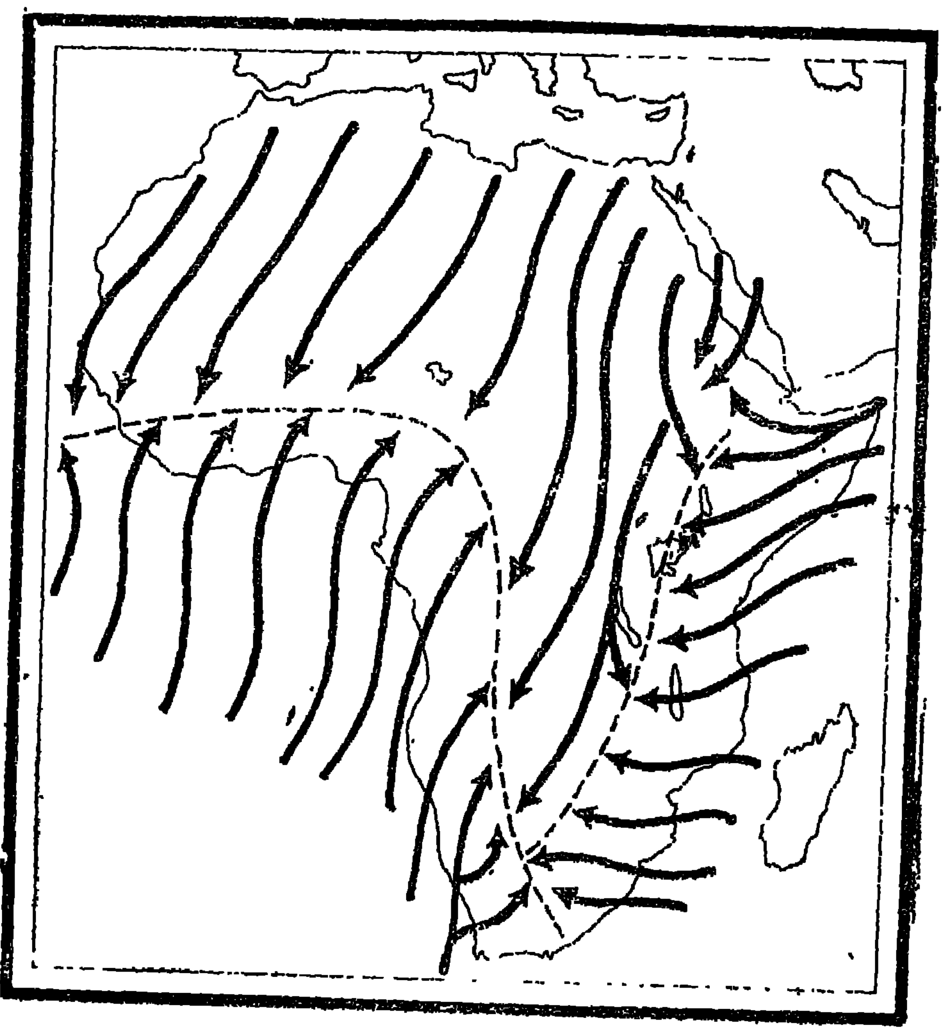
هذا النوع من الأسهم . [ المبالغة فى شكل الأسهم يقصد بها التوضيح ، أما عند توقيعها على الخرائط فتتخذ الأسهم أشكالا تتناسب مع مقياس رسم الخريطة ] .

| السرعة بالعقدة | النسبة المئوية لاتجاه هبوب الرياح | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | أقل من ٥٠٪ | | ٥٠ – ٧٥٪ | | أكثر من ٧٥٪ | |
| ١-٣ | | | | | | |
| ٤-٧ | | | | | | |
| أكثر من ٧ | | | | | | |

شكل ( ٢٢١ )

ويمكن أن توضح الأسهم حركة الرياح الفصلية عن طريق الخطوط الإنسيابية Streamlines التى تأخذ شكل أسهم طويلة تنحنى تبعاً لتغير اتجاه الرياح . وترسم الخطوط الإنسابية وفقاً لمحصلات اتجاه الرياح على ارتفاع معين . ورغم أنه يمكن رسم خطوط انسياب للرياح السطحية إلا أنها ترسم عادة لحركة الرياح على ارتفاع ٥٠٠ متر

تقريباً ، وذلك لأن الرياح السطحية تتأثر كثيراً بتعقد التضاريس الأرضية · ويوضح الشكل ( ٢٢٢ ) خطوط انسياب الرياح فى إفريقية فى شهر يناير ·



شكل ( ٢٢٢ )
خطوط انسياب الرياح فى إفريقية فى شهر يناير

فضلا من هذه الأشكال الثلاثة التى تتخذها الأسهم فى الخرائط المناخية فإنها تستخدم أيضاً فى توضيح العلاقة بين مسارات الرياح فى العروض المختلفة وبين ظروف الطقس على سطح الأرض، كما تستخدم فى توضيح الطرق التى تسلكها الانخفاضات الجوية ...الخ ·

## ( عاشراً ) خطوط تشتت المطر

أصبح استخدام خطوط تشتت المطر Rainfall dispersion diagrams وسيلة هامة لتحليل توزيع الأمطار فى منطقة معينة من العالم . ولا تقوم هذه الطريقة على أساس استخدام الأرقام المطلقة،بل باستخدام أحد المتوسطات الإحصائية Statistical averages

والمتوسط الإحصائى كما نعلم عبارة عن قيمة تمثل سلسلة من القيم أحسن تمثيل ، بحيث يمكن اتخاذها دليلا مميزاً لهذه المجموعة من القيم فنعرف عن طريقها الاتجاه الذى تأخذه هذه القيم فى مجموعها والغرض من استعمال هذه المتوسطات هو الاستغناء عن استقراء مفردات المجموعة كلها والتى قد تمتد على مدى ٣٥ سنة .

وأشهر تلك المتوسطات والتى استخدمناها فى كل الطرق الكارتوجرافية السابق شرحها فى هذا الفصل هى الوسط الحسابى Arithmetic mean وذلك لأن هذا المتوسط الإحصائى يتيح لنا فرصة التخلص من التغيرات التى تنتاب الظاهرة المناخية ، والحصول على قيمة متوسطة تمثل المجموعة الأصلية ، وهذا على فرض أن الوسط الحسابى للقيم المختلفة التى يأخذها متغير معين هو القيمة الحقيقية لهذا المتغير . وهذا فرض معقول فى حد ذاته ويمكن تبريره رياضياً . وعلى هذا الأساس استخدمنا الوسط الحسابى فى دراستنا للطرق الكارتوجرافية المختلفة المستخدمة فى تمثيل الإحصاءات المناخية على أنه المتوسط الإحصائى المطلوب .

إلا أنه تحقيقاً لبعض الأغراض الدراسية يصح أيضاً أن نعتبر أن المتوسط الذى يمثل المجموعة هو القيمة الوسطى فيها ، بحيث أنه إذا رتبت مفرداتها تصاعدياً أو تنازلياً كانت هى فى الوسط تماماً،وبذلك يكون عدد المفردات الأكبر من القيمة الوسطى يساوى تماماً عدد المفردات الأصغر منها . والمتوسط الإحصائى بهذا المعنى هو ما يطلق عليه الوسيط Median أى أنه القيمة التى تقسم المجموعة إلى شطرين متكافئين من حيث العدد .

وإذا كان الغرض من استخدام خطوط تشتت المطر هو الحصول على شكل يبين الحالة العامة للأمطار لمدة طويلة لا تقل عن ٣٥ سنة ، فإنه يجب أن نستخدم متوسطاً

إحصائياً تقل فيه العيوب بقدر الإمكان ، ومن هنا استخدمنا الوسيط ، لأن الأمطار يتتابها فى بعض السنوات تطرف نحو الارتفاع أو تطرف نحو الهبوط عن المعدل العام لها .

وفى حساب الوسيط لا نهتم بمقادير القيم مثلما نهتم بترتيب هذه القيم . ويمكن الانتفاع بهذه الخاصية لتصحيح خطأ الوسط الحسابى عند تأثره بالقيم المتطرفة . فإذا افترضنا أن الأرقام التالية هى كميات الأمطار بالبوصة فى محطة معينة فى سبع سنوات مختلفة : ٧ر٥ — ٨ر٠ — ٨ر٥ — ٩ر٠ — ١٠ر٥ — ١١ر٠ — ٢٦ر٥ بوصة فسنجد أن

الوسط الحسابى $= \frac{٨١}{٧} =$ ١١ر٦ بوصة .

فلو أننا حذفنا أرصاد السنة الأخيرة لتغير الوسط الحسابى بشكل واضح ليصبح

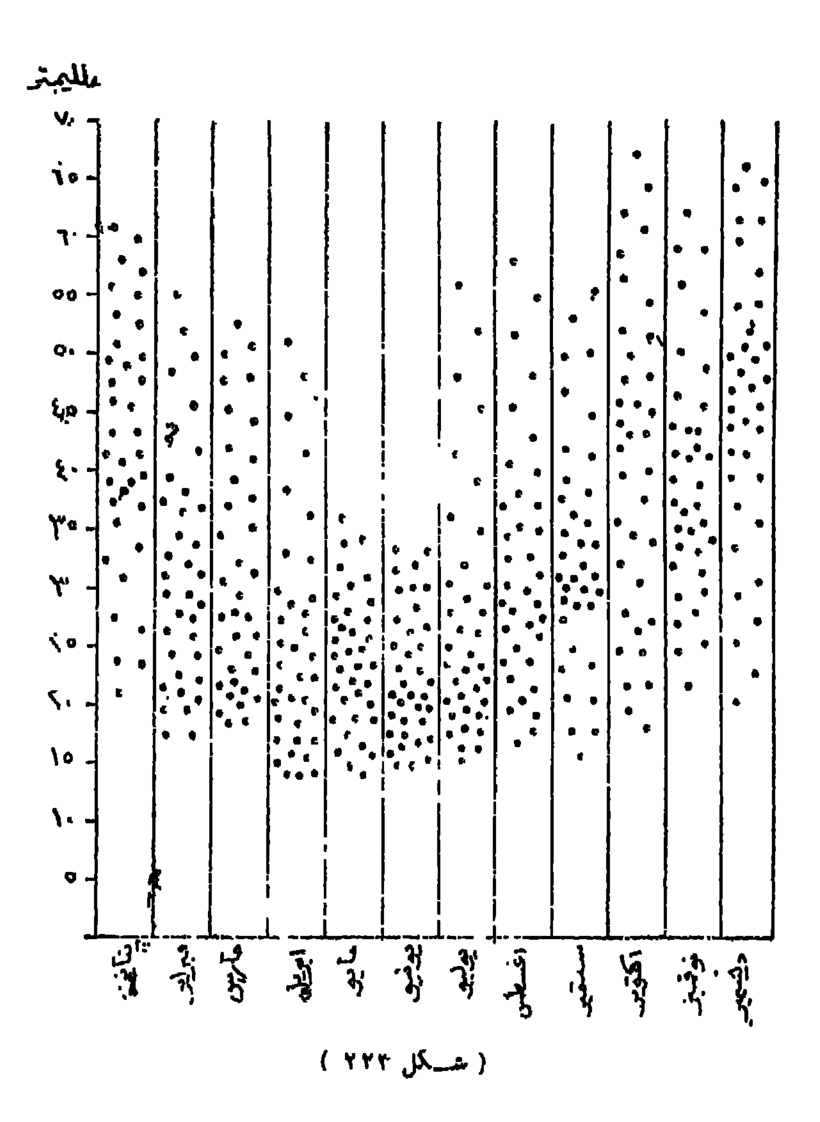
$\frac{٥٤ر٥}{٦} =$ ٩ر٨ بوصة ، بينما سنجد أن الوسيط فى الحالة الأولى هو ٩ بوصة وفى الحالة الثانية ٩ر٢٥ بوصة .

طريقة إنشاء خطوط تشتت المطر:

١ — يمكن أن ترسم خطوط التشتت بالنسبة للكمية السنوية للامطار فى محطة معينة بتوقيع نقط مناسبة الحجم ، وتمثل كمية المطر السنوى فى سنوات مختلفة ، وذلك أمام محور رأسى يتدرج من نقطة الصفر حتى أعلى كمية للأمطار توضحها الإحصائيـة . ثم نحدد على هذا المحور : الوسيط والربيع الأعلى upper quartile والربيـــع الأدنى lower quartile . ولكن هذا العمود المفرد لا يفى بأغراض الدراسة ، لأنه لا يوضح تشتت الأمطار على شهور السنة المختلفة .

٢ — الأفضل إذن أن ننشىء خطوط تشتت المطر بالنسبة لكل شهور السنة . فنرسم محوراً أفقياً يمثل شهور السنة ، ومحوراً رأسياً يتناسب طوله مع أكبر كمية للأمطار خلال ٣٥ سنة على الأقل .

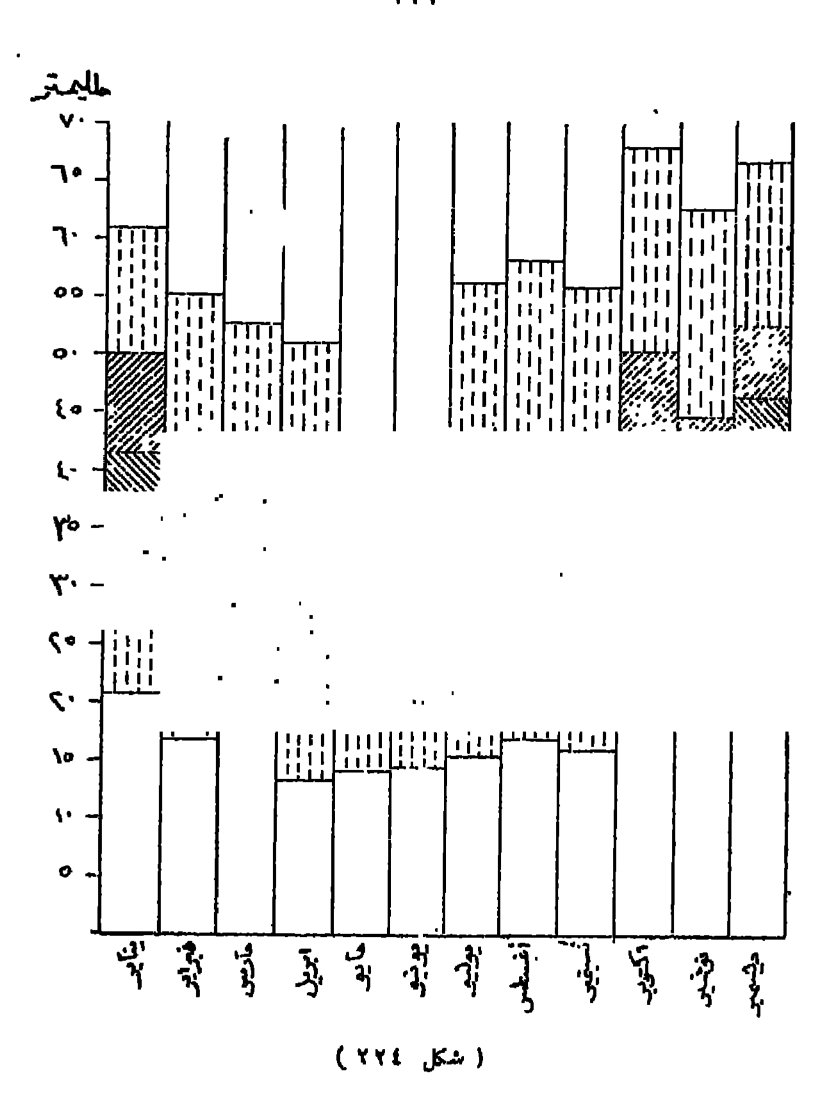
٣ — نستخدم نقطة مناسبة الحجم لكل شهر من شهور كل سنة . أى أنه لو




( شكل ٢٢٣ )

كانت لدينا أرصاد ٣٦ سنة مثلا ، فسنستخدم ٤٣٢ نقطة نقوم بتوقيعها داخل الأعمدة التي تمثل شهور السنة ، بحيث يشتمل كل عمود منها على ٣٦ نقطة ( الشكل ٢٢٣ ) .

٤ — لزيادة التوضيح ، نقوم بتحديد الوسيط والربيع الأعلى والربيع الأدنى على كل عمود من الإثنى عشر عموداً بخطوط أفقية ، ثم نظلل المنطقة المحصورة بين الربيعين ( وهى المنطقة المهشرة بخطوط مائلة ) لأنها المنطقة التى تضم نصف الكمية التى يمثلها العمود كله ، حيث أن ربع كمية الأمطار يقع أدنى من الربيع الأدنى ، وربعها يقع أعلى من الربيع الأعلى ( الشكل ٢٢٤ ) .




( شكل ٢٢٤ )

## ( حادى عشر ) منحنيات المناخ

تستخدم منحنيات المناخ Climographs فى تمثيل العلاقة بين ظاهرتين مناخيتين ، كأن تمثل علاقة الحرارة بالرطوبة فى شهور السنة المختلفة فى مدينة معينة ، أو أن تبين العلاقة بين الحرارة والأمطار ... الخ . وتفيد دراسة منحنيات المناخ فى معرفة مدى تأثير الظروف المناخية على النشاط البشرى . فقد يمكن للانسان أن يتحمل درجات الحرارة العالية إذا كان الجو جافا ، أما إذا كان الجو فى هـذه الحالة رطباً أيضاً ، فإن الإنسان يستهدف لكثير من المضايقات .

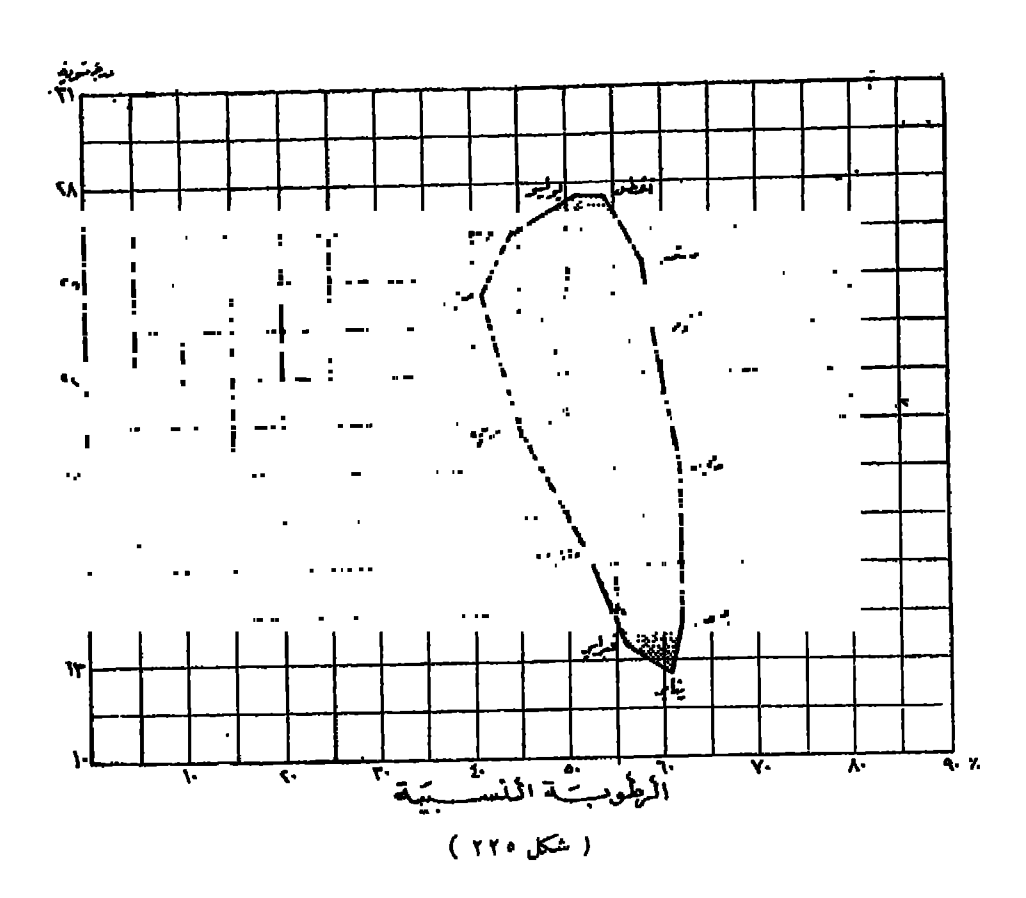
وترسم منحنيات المناخ على محورين متعامدين يمثل كل منهما عنصراً مناخياً معيناً . فالجدول التالى يبين درجات الحرارة والرطوبة النسبية فى حلوان على مدار السنة :

| الشهر | درجة الحرارة (مئوياً) | الرطوبة النسبية ٪ | الشهر | درجة الحرارة (مئوياً) | الرطوبة النسبية ٪ |
|---|---|---|---|---|---|
| يناير | ١٢ر٣ | ٦١ | يوليو | ٢٧ر٥ | ٥١ |
| فبراير | ١٣ر٥ | ٥٦ | أغسطس | ٢٧ر٤ | ٥٤ |
| مارس | ١٦ر٤ | ٥٢ | سبتمبر | ٢٥ر٤ | ٥٨ |
| أبريل | ٢٠ر٤ | ٤٥ | أكتوبر | ٢٣ر٣ | ٥٩ |
| مايو | ٢٤ر٣ | ٤١ | نوفمبر | ١٩ر٠ | ٦٢ |
| يونيو | ٢٦ر٦ | ٤٤ | ديسمبر | ١٤ر١ | ٦٢ |

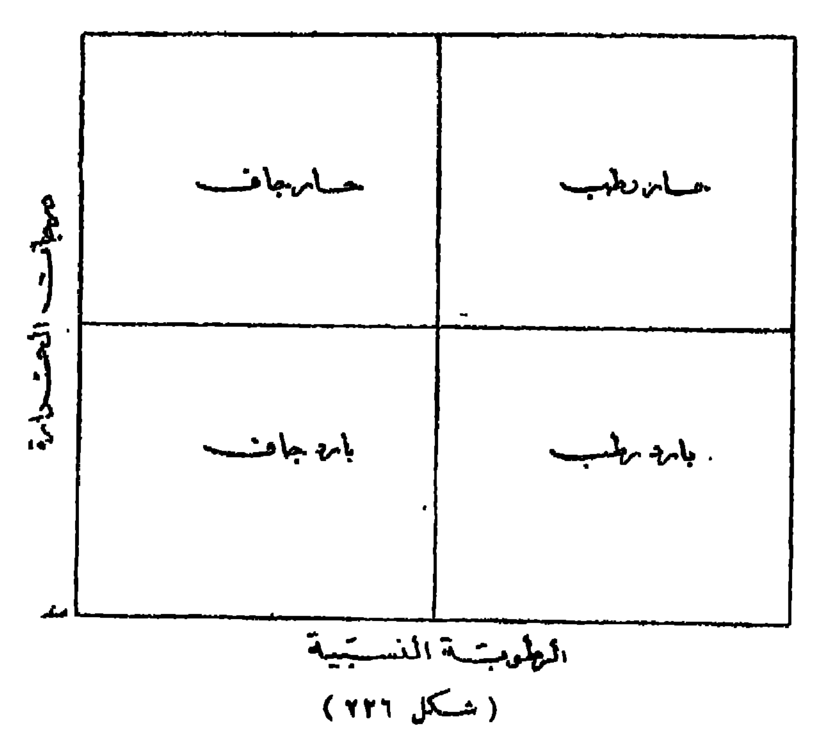
ولرسم منحنى المناخ بالنسبة لحلوان ، نوقع درجات الحرارة على المحور الرأسى ،والرطوبة النسبية على المحور الأفقى ، ثم يؤخذ الشهر الأول — يناير — الذى يبلغ فيه متوسط درجة الحرارة ١٢ر٣° م والرطوبة ٦١٪ ، ونعين الرقم الأول على المحور الرأسى والرقم الثانى على المحور الأفقى ، ونرسم خطين موازيين للمحورين فيتلاقيان فى نقطة تمثل العنصرين معاً ويكتب كلمة يناير .

ونواصل العمل بنفس الطريقة بالنسبة لبقية شهور السنة ونكتب أمام كل نقطة الشهر الذى تمثله ، ثم نوصل بين هذه النقط بنفس ترتيب تسلسلها الزمنى، أى توصل النقطة التى تمثل شهر يناير بتلك التى تمثل شهر فبراير فمارس ... الخ. ومن ثم يتكون لدينا منحنى المناخ لحلوان كما يمثله الشكل ( ٢٢٥ ) .

ويمكن الاستفادة من معرفة موقع المنحنى المناخى بالنسبة لمحورى الرسم فى تحديد حالة المناخ فمن الشكل ( ٢٢٦ ) نلاحظ أن منحنى المناخ إذا اقترب من الركن الشمالى الغربى للشكل فإن الجو يصبح حاراً جافاً Scorching ( ارتفاع فى الحرارة وانخفاض فى الرطوبة النسبية ) ، أما إذا اقترب المنحنى من الركن الشمالى الشرقى للشكل فإن الجو يصبح حاراً




( شكل ٢٢٥ )



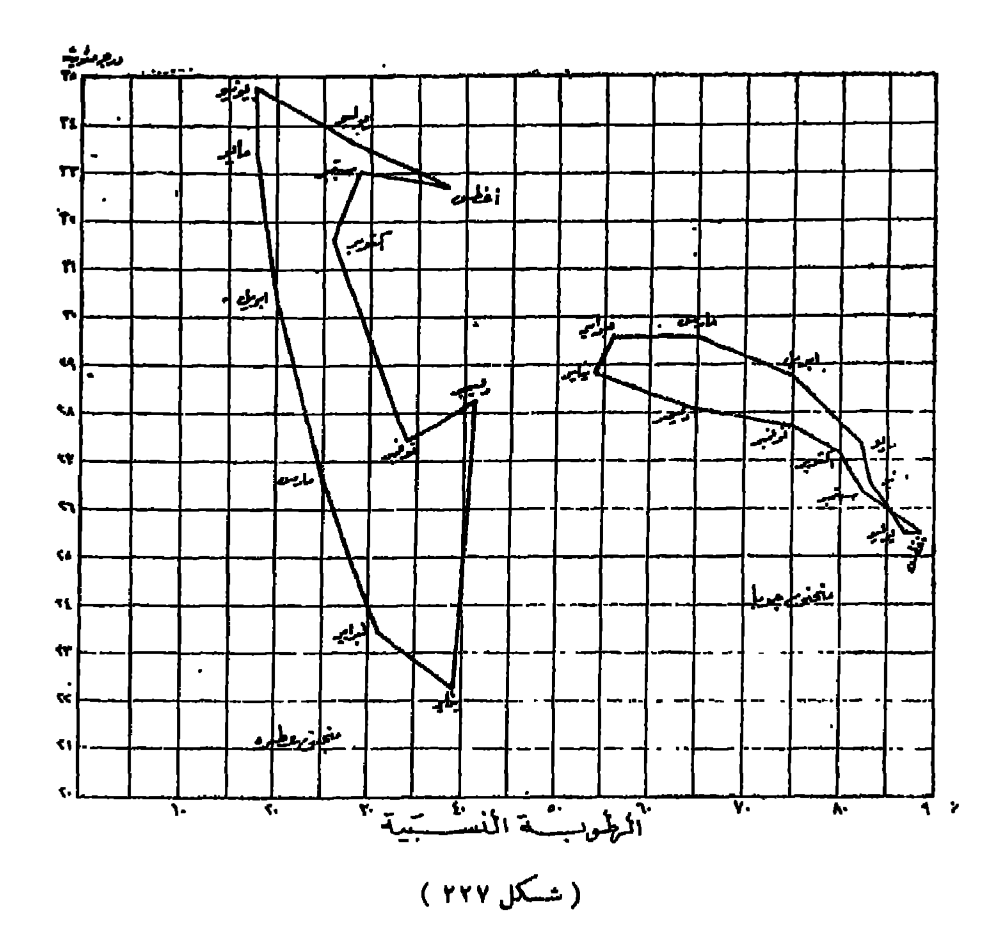

( شكل ٢٢٦ )

رطباً Muggy ( ارتفاع فى كل من الحرارة والرطوبة النسبية ) ، وإذا اقترب المنحنى من الركن الجنوبى الغربى للشكل فإن الجو يصبح بارداً جافاً Keen ( انخفاض فى كل من الحرارة والرطوبة ) ، أما إذا اقترب منحنى المناخ من الركن الجنوبى الشرقى للشكل فإن الجو يصبح بارداً رطباً Raw ( انخفاض فى الحرارة وارتفاع فى الرطوبة النسبية ) .

وتتضح خاصية منحنى المناخ هذه من تحليل الشكل ( ٢٢٧ ) الذى يمثل الجدول التالى، وهو يبين درجة الحرارة والرطوبة النسبية فى مدينتى عطبرة وجوبا بالسودان فى شهور السنة المختلفة : —

| الشهر | عطبرة | | جوبا | |
|---|---|---|---|---|
| | درجة الحرارة ( مئويا ) | الرطوبة النسبية ٪ | درجة الحرارة ( مئويا ) | الرطوبة النسبية ٪ |
| يناير | ٢٢و٢ | ٣٩ | ٢٨و٨ | ٥٤ |
| فبراير | ٢٣و٤ | ٣١ | ٢٩و٦ | ٥٦ |
| مارس | ٢٦و٦ | ٢٥ | ٢٩و٥ | ٦٥ |
| ابريل | ٣٠و٤ | ٢٠ | ٢٨و٨ | ٧٥ |
| مايو | ٣٣و٤ | ١٨ | ٢٧و٤ | ٨٢ |
| يونيو | ٣٤و٨ | ١٨ | ٢٦و٥ | ٨٣ |
| يوليو | ٣٣و٦ | ٢٨ | ٢٥و٥ | ٨٧ |
| أغسطس | ٣٢و٧ | ٣٨ | ٢٥و٦ | ٨٨ |
| سبتمبر | ٣٣و٠ | ٢٩ | ٢٦و٤ | ٨٣ |
| أكتوبر | ٣١و٦ | ٢٦ | ٢٧و٢ | ٨٠ |
| نوفمبر | ٢٧و٤ | ٣٤ | ٢٧و٧ | ٧٥ |
| ديسمبر | ٢٨و٢ | ٤١ | ٢٨و١ | ٦٤ |

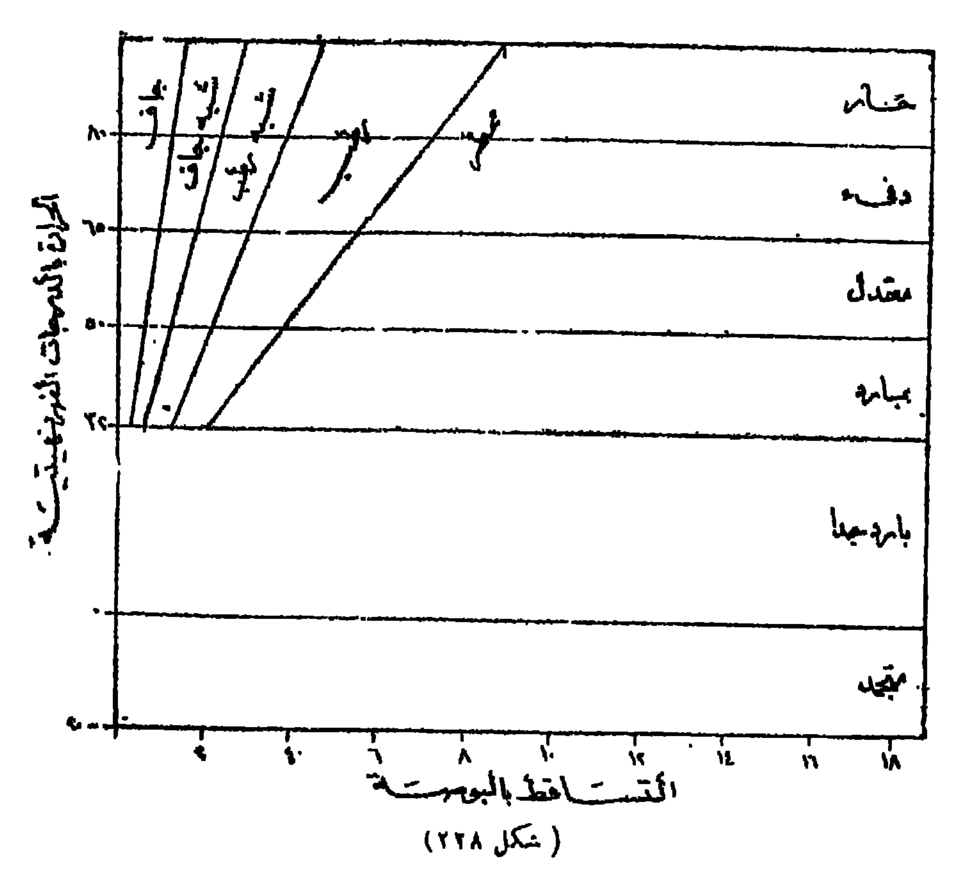
فالشكل ( ٢٢٧ ) يبين لنا كيف أن المدى الحرارى فى مدينة عطبرة أكبر منه فى جوبا ، حيث نجد أن منحنى المناخ يتخذ شكلا طوليا فى عطبرة بعكس شكله العرضى فى جوبا . كما أن منحنى عطبرة يقع أقرب إلى المحور الرأسى من منحنى جوبا دلالة على أن المدينة الأولى تتميز بمناخ جاف بينما يغلب على الثانية المناخ الرطب .




( شكل ٢٢٧ )

وإذا كان تمثيل العلاقة بين الحرارة والرطوبة النسبية بواسطة منحنيات المناخ أمراً شائعاً ، فإن بعض الباحثين يستخدمون نفس الطريقة الكارتوجرافية ولكن فى الربط بين الحرارة والأمطار . ويوضح الشكل (٢٢٨) نموذجا لهذه الطريقة . فقد قسم سطح الشكل إلى مساحات تبين طبيعة المناخ فى كل جزء منه وفقاً لتصنيفات ثورنثويت Thornthwaite . وعلى ذلك فإننا بعد رسم منحنى المناخ على المحورين الرأسى الذى يبين درجات الحرارة، والأفقى الذى يوضح كمية الأمطار ، يمكننا أن نعرف نوع المناخ السائد من موقع المنحنى بالنسبة لكل قسم من الأقسام التى ينقسم إليها الشكل .

فقد تم تقسيم الشكل إلى ستة أقاليم حرارية ( الدرجات فهرنهيتية ) وهى : — متجمد ( — ٢٠° — صفر ) ، بارد جداً ( صفر — ٣٢° ) ، بارد ( ٣٢° — ٥٠° ) ، معتدل




( شكل ٢٢٨ )

(٥٠° — ٦٥° ) ، دفء (٦٥° — ٨٠° ) وحار (أكثر من ٨٠° ) كما تم تقسيم الأقسام الأربعة الأخيرة منها تبعاً لمعدلات المطر ودرجات الحرارة إلى الأنواع الناخية الآتيـة : — جاف ، شبه جاف ، شبه رطب ، رطب ، ممطر .



رقم الإيداع بدار الكتب ١١١٥٣ / ١٩٩٥
ترقيم دولى ISBN: 977 - 05 - 1430 - 6

مكتب النسر للطباعة
٣٢ أ ميدان بن الحكم - حلمية الزيتون
ت . ٢٤٢٠٩٧١

